



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**TVÁŘENÉ A OBRÁBĚNÉ ZÁVITY NA  
VÝROBCÍCH Z PLECHU VE FIRMĚ  
EUROPEAN DATA PROJECT S.R.O.**

FORMED AND MACHINED THREADS ON PRODUCTS FROM SHEET  
METAL IN COMPANY EUROPEAN DATA PROJECT S.R.O.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Lukáš Hořava

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Lukáš Hořava**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Tvářené a obráběné závitů na výrobcích z plechu ve firmě European Data Project s.r.o.**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Rozbor funkčních parametrů zhotovených závitů ve vazbě na užitnou hodnotu finálního výrobku.  
Definování možností úprav a změn ve výrobě.

### **Cíle bakalářské práce:**

1. Přehled výrobků z plechu.
2. Možnosti výroby závitů a dosahované výsledky.
3. Vyhodnocení funkčnosti finálních výrobků.
4. Posouzení uvažovaných změn.
5. Diskuze dosažených výsledků.

### **Seznam doporučené literatury:**

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření, plošné a objemové tváření. 3. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 2013. 170 s. ISBN 978-80-214-4747-9.

HRIVŇÁK, Andrej a Emil EVIN. Lisovatelnost plechov. 1. vyd. Košice: Alfa, 2004. 224 s. ISBN 8089066-93-3.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s.r.o. a Scientia, s.r.o., 1997.  
857 s. ISBN 91-972299-4-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
ředitel ústavu	děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Předkládaná bakalářská práce se zabývá metodami třískové a beztřískové výroby závitů určených především pro výrobky z plechu. První část práce je věnována přehledu výrobků vyráběných v současné době firmou EDP, s.r.o. Dále jsou rozebrány jednotlivé druhy závitů, nejběžnější metody jejich výroby a používané metody dané firmy. Následuje praktická část zaměřená na popis výroby vzorků s tvářenými a obráběnými závity. Pozornost je věnována také výhodám a nevýhodám metod využívaných firmou i ekonomickému zhodnocení vyráběných vzorků. Závěrem práce je návrh zavedení metody termálního vrtání a její zhodnocení.

**Klíčová slova**

tváření závitů, obrábění závitů, řezání závitů, termální vrtání, nýtovací matice

**ABSTRACT**

The object of the bachelor thesis is the method of chip and non-chip production of threads determined for mainly metal products. The first part is focused on the products which have been producing by company EDP, s.r.o. Further, the individual thread types, the most common methods of their production and the methods used in the company are mentioned. In the following experimental part, the production of samples with shaped threads and machined threads are described. The attention is also dedicated to the advantages, and disadvantages of the methods used by the company, as well as the economic appreciation. The conclusion is made of proposal of the thermal drilling and its evaluation.

**Key words**

thread forming, thread machining, thread cutting, thermal drilling, rivet nut

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HOŘAVA, L. *Tvářené a obráběné závity na výrobcích z plechu ve firmě European Data Project s.r.o.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 43 s 5 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Tvářené a obráběné závity na výrobcích z plechu ve firmě European Data Project s.r.o.** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Lukáš Hořava

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné konzultace, připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Děkuji tímto panu Bc. Jaroslavovi Podsedníkovi z firmy EDP s.r.o. za odborné informace, připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Zároveň děkuji za jeho ochotu, vstřícnost a volný čas, který mi při tvorbě práce věnoval.

## OBSAH

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 PŘEHLED VÝROBKŮ Z PLECHU.....	9
1.1 Výrobky zhotovené na CNC laserech a CNC vysekávacích strojích .....	9
1.2 Výrobky z ohraňovacího lisu .....	9
1.3 Výrobky s navařenými svorníky, nalisovanými nebo nanýťovanými maticemi ...	10
1.4 Výrobky svařené .....	11
1.5 Výrobky komaxitované.....	11
1.6 Výrobky smontované .....	12
2 MOŽNOSTI VÝROBY ZÁVITŮ A DOSAHOVANÉ VÝSLEDKY .....	13
2.1 Definice závitu .....	13
2.1.1 Rozdělení závitů .....	13
2.2 Technologie výroby závitů.....	15
2.2.1 Výroba závitů třískovým obráběním .....	15
2.2.2 Výroba závitů beztřískovým obráběním.....	18
2.3 Strojový park firmy EDP s.r.o.....	23
2.4 Výroba vzorků.....	25
2.4.1 Podrobný rozpis výrobních časů.....	27
3 VYHODNOCENÍ FUNKČNOSTI FINÁLNÍCH VÝROBKŮ .....	29
3.1 Zhodnocení řezaných závitů .....	29
3.2 Zhodnocení tvářených závitů .....	29
3.3 Ekonomické zhodnocení .....	30
4 POSOUZENÍ UVAŽOVANÝCH ZMĚN.....	32
5 DISKUZE .....	36
ZÁVĚR .....	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	43

## ÚVOD

Jeden z nejdůležitějších prvků ve strojírenství, ale také i v letectví, lékařství a v mnoha dalších průmyslech je závit. Závit je rozebíratelné spojení dvou nebo více součástí, jež při montáži plní velmi významnou funkci. Závity jsou také pohybové, které se využívají například u pojezdu suportu soustruhu. Závity se dále dělí na vnitřní (matice) a vnější (šroub).

Při výrobě závitů je nutné dodržovat všechny tolerance, ať už rozměru, kvality povrchu nebo profilu. Většina závitů je normalizovaná, ale vyrábí se i závity speciální, například v lékařství. Nejpoužívanějším spojovacím závitem je metrický, dále určitě známý Edisonův závit, který můžeme najít na každé žárovce a z pohybových závitů lichoběžníkový rovnoramenný.

Závity lze vyrábět třískově nebo beztrískově. V bakalářské práci jsou u obou skupin zahrnuty metody výroby a dále jejich zhodnocení. Zvláště je věnována pozornost na metody používané ve firmě European Data Project s.r.o. Ve zpracovaném tématu je navrhována ještě ne příliš rozvinutá metoda, kterou je termální vrtání.



## 1 PŘEHLED VÝROBKŮ Z PLECHU

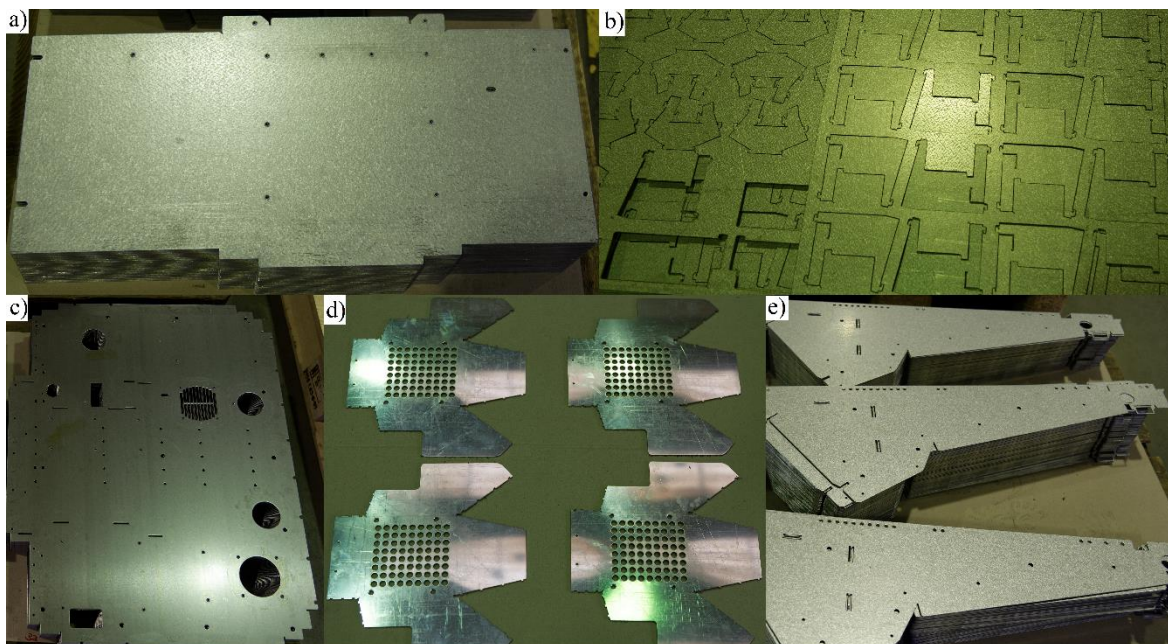
Firma EDP s.r.o. vyrábí různé plechové dílce, které se na montážních linkách montují dohromady. Většina plechů se nakupuje ve svitcích, které se poté rovnají a stříhají. Přehled používaných materiálů a jejich vlastností jsou v tabulce 1.

Tab. 1. Přehled nejpoužívanějších materiálů [1,4]

Materiál ČSN (EN)	Mez pevnosti v tahu $R_m$ [MPa]	Mez kluzu $R_e$ [MPa]	Tažnost $A_{min}$ [%]	Formát
11 321 (DC 01)	410	280	28	Ve svitcích
11 375 (S235 JRG2)	360	235	26	Nastříhané tabule

### 1.1 Výrobky zhotovené na CNC laserech a CNC vysekávacích strojích

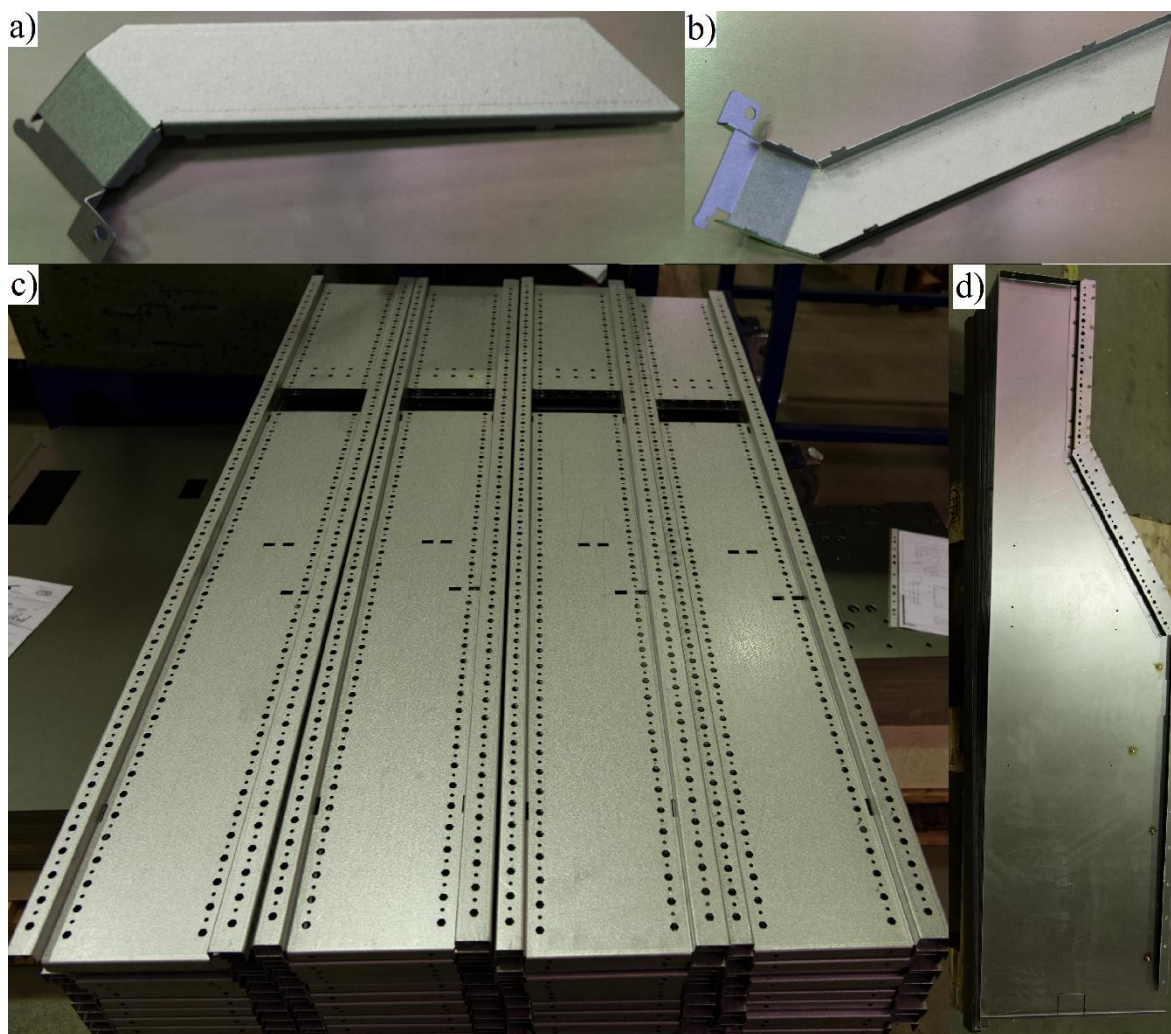
Ze srovnaných a nastříhaných tabulí plechu, se dále vyřezávají na CNC laserech a vysekávají na CNC vysekávacích strojích požadované tvary. Firma disponuje také stroji, které jsou kombinací CNC laseru s CNC vysekávacím strojem. Všechny stroje jsou od firmy TRUMPF.



Obr. 1. výrobky zhotovené na CNC laserech a CNC vysekávacích strojích

### 1.2 Výrobky z ohraňovacího lisu

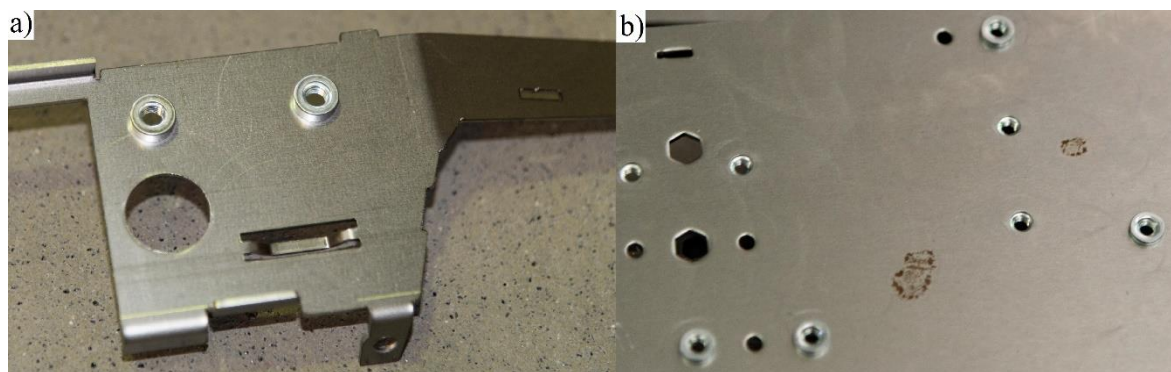
Vyřezané tvary se ohýbají na ohraňovacích lisech firmy TRUMPF, Safan a ohraňovacím centru firmy Finn-Power.



Obr. 2. výrobky zhotovené na ohraňovacích lisech

### 1.3 Výrobky s navařenými svorníky, nalisovanými nebo nanýtovanými maticemi

Svorníky se navařují buď ručně nebo na CNC navařovacím centru od firmy HBS. Matice se lisují pomocí strojů firmy Haeger. Zalisování matice se skládá ze tří operací, vyseknutím díry, vložením matice a poté zalisování. Nýtování se provádí pomocí pneumatických pistolí výrobce Arcus.

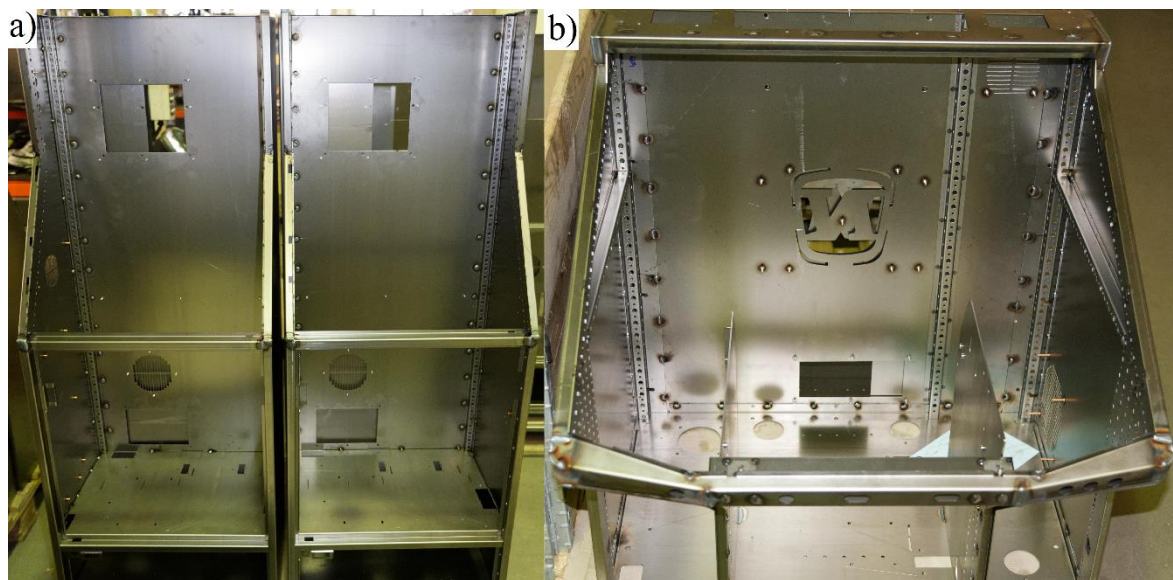


Obr. 3. výrobky s nalisovanými maticemi



#### 1.4 Výrobky svařené

Svařuje se ve svařovacích boxech obsahující svařovací agregáty výrobce Fronius, svařovacích buňkách s robotickými rameny od výrobce ABB a bodovkami výrobce Tecna. Nejčastěji se svařuje technologií MIG/MAG a TIG.



Obr. 4. výrobky svařené

#### 1.5 Výrobky komaxitované

Komaxitování je povrchová úprava kovů práškovým plastem. Plast se nanáší elektrostaticky, proto je metodu možné využít jen u kovových vodivých prvků. Před komaxitováním je nutné povrch dobře očistit a odmastit. Vypalovací teploty práškových nanášecích hmot jsou 160-200 °C [2].



Obr. 5. výrobky komaxitované

### 1.6 Výrobky smontované

Výsledky předchozích operací jsou zobrazeny na obrázku 6.



Obr. 6. výrobky zkompletované

## 2 MOŽNOSTI VÝROBY ZÁVITŮ A DOSAHOVANÉ VÝSLEDKY

Tahle kapitola se zabývá teorií závitu a technologií jeho výroby. V dalších bodech je představen strojový park firmy EDP s.r.o. a popsána výroba vzorového kusu.

### 2.1 Definice závitu

Závity jsou velice významné prvky strojírenských součástí, které plní různé spojové nebo pohybové funkce. Závity lze vytvářet třískově soustružením, frézováním, pomocí závitníků, závitových čelistí a závitových hlav nebo beztřískově závitováním, pomocí tvářecích závitníků. Přesné závity se brousí nebo lapují [3].

#### 2.1.1 Rozdělení závitů

Z technologického hlediska se dělí na:

- vnější (šrouby),
- vnitřní (matice) – průchozí, neprůchozí.

Podle smyslu otáčení:

- pravé,
- levé – LH (Left Hand).

Podle počtu závitových ploch připadajících na jedno stoupání:

- jednochodé,
- několikachodé.

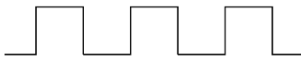
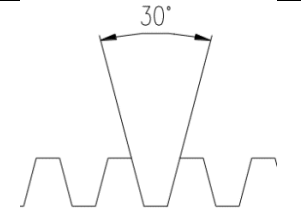
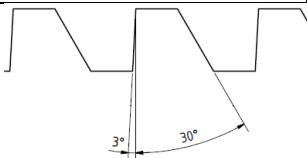
Z hlediska funkce:

- spojovací – běžné šrouby a matice,
- pohybové – pojezdy suportů soustruhu.

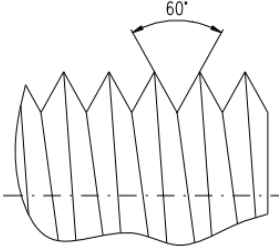
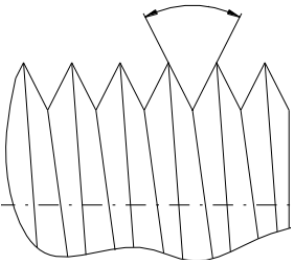
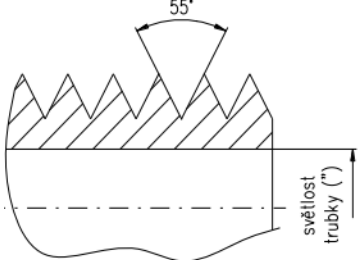
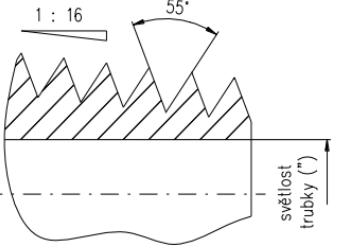
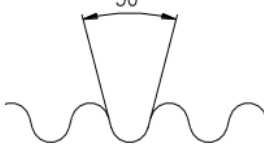
Speciální závity:

- kortikální HA – použití v lékařství,
- self-lock – bezpečnostní závit.

Tab. 2. Pohybové závity [5]

Název závitu	Označení	Příklad	Vrch. úhel	Norma	Schéma
Čtvercový nenormalizovaný				Není normalizovaný	
Lichoběžníkový rovnoramenný	Tr	Tr 40x6	30°	ČSN 01 4050	
Lichoběžníkový nerovnoramenný	S	S 48x8	30+3°	ČSN 01 4052	

Tab. 3. Spojovací závity [5]

Název závitu	Označení	Příklad	Vrch. úhel	Norma	Schéma
Metrický	M	M20x1,5	60°	ČSN 01 4012	
Metrický s jemným stoupáním	M	M12x1	60°	ČSN 01 4013	
Whitworthův	W	W 1/2"	55°	ČSN 01 4030	
Trubkový válcový	G	G 3/8"	55°	ČSN 01 4033	
Trubkový kuželový	KG	KG 3/4"	55°	ČSN 01 4034	
Oblý	Rd	Rd 32	30°	ČSN 01 4037	
Edisonův	E	E27	30°	ČSN 01 4038	



## 2.2 Technologie výroby závitů

Závity lze zhotovit třískovým nebo beztrískovým obráběním.

### 2.2.1 Výroba závitů třískovým obráběním

U třískového obrábění závitu dochází k oddělování částic materiálu obrobku břittem nástroje. Oddělování materiálu se nazývá řezání neboli řezný proces [6].

Závity lze zhotovit:

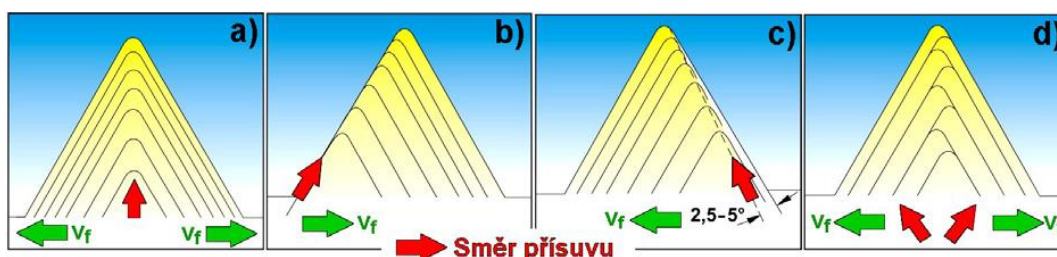
- soustružením,
- frézováním,
- řezáním – ruční, strojní,
- závity, které vyžadují velkou přesnost, se dokončují broušením a lapováním.

#### Soustružení závitů

Závity lze zhotovit na strojích např. univerzální, revolverové, poloautomatické a automatické soustružnické stroje. Posuv nástroje na otáčku obrobku je roven stoupání soustruženého závitu. Profil závitového nože je odvozen od profilu daného závitu. Starší typy nožů jsou monolitní, vyrobené většinou z rychlořezné oceli s připájenou břitovou destičkou ze slinutého karbidu a mohou být jednodílné nebo hřebínkové [3].

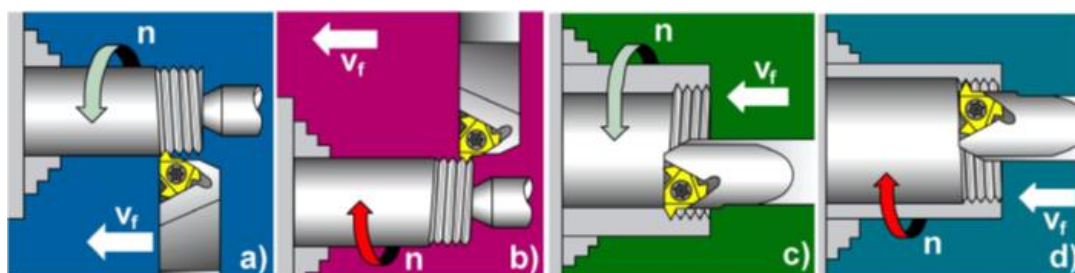
- jednodílné – radiální, kotoučové – závit se řeže postupně na několik záběrů,
- hřebínkové – prizmatické, kotoučové – první profily jsou zkoseny, takže umožňují vyřezat závit na jeden záběr.

V současné době se používají radiální soustružnické nože, které mají těleso z konstrukční oceli a mechanicky upínanou vyměnitelnou břitovou destičku ze slinutého karbidu [3].



Obr. 7. způsoby postupného soustružení závitu

a) radiální přísuv, b) boční přísuv, c) boční přísuv s odklonem, d) střídavý přísuv [3]

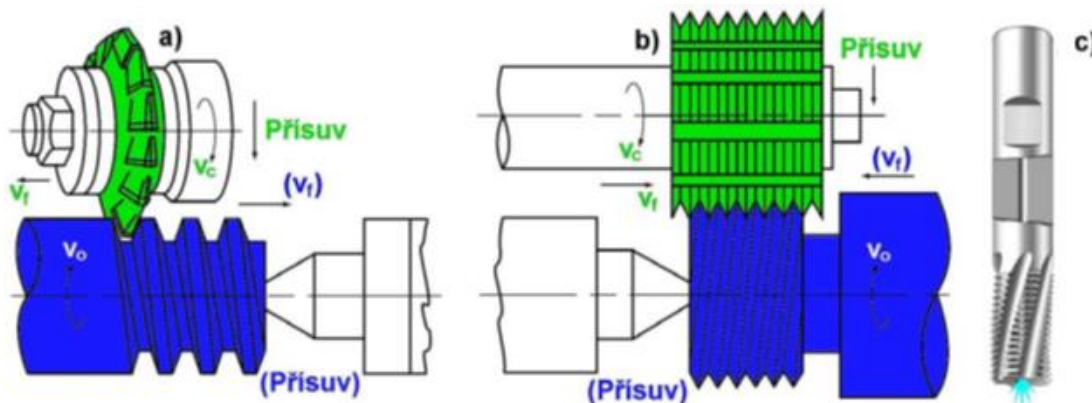


Obr. 8. soustružení závitů s radiálním nožem s vyměnitelnou břitovou destičkou

a) vnější pravý závit, b) vnější levý závit, c) vnitřní pravý závit, d) vnitřní levý závit [3]

### Frézování závitů

Metody frézování závitů korespondují s kinematikou obráběcího procesu a použitým nástrojem. Závity se frézují pomocí kotoučových fréz, hřebenových válcových fréz nebo stopkových fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami nebo i bez [3].



Obr. 9. metody frézování závitů:

- a) kotoučová fréza, b) hřebenová válcová fréza, c) hřebenová válcová stopková fréza [3]

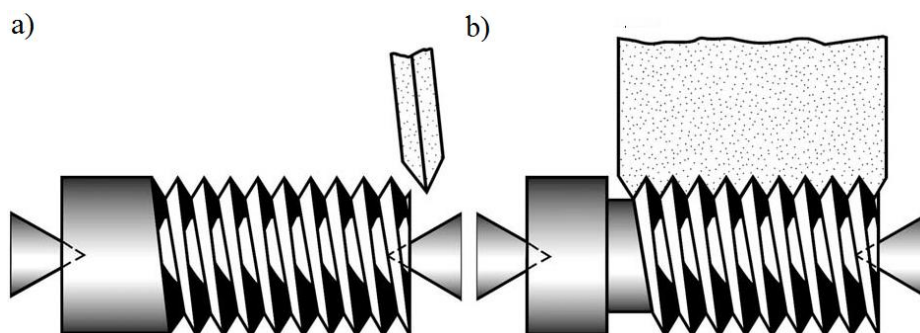
V poslední době se začínají používat také vrtací závitové frézy. Tento typ nástroje spojuje v jedno vrták, záhlubník a závitovou frézu (obr. 10) [7].



Obr. 10. vrtací závitová fréza firmy JBO [7]

### Broušení závitů

Broušení se provádí u vnějších závitů, kde jsou kladeny vyšší požadavky na profil, stoupání závitu a na parametry drsnosti povrchu. Brousí se nejčastěji na speciálních závitových bruskách jednoprofilovým kotoučem nebo hřebenovým kotoučem [3].



Obr 11. broušení vnějších závitů a) jednoprofilový kotouč, b) hřebenový kotouč [3]



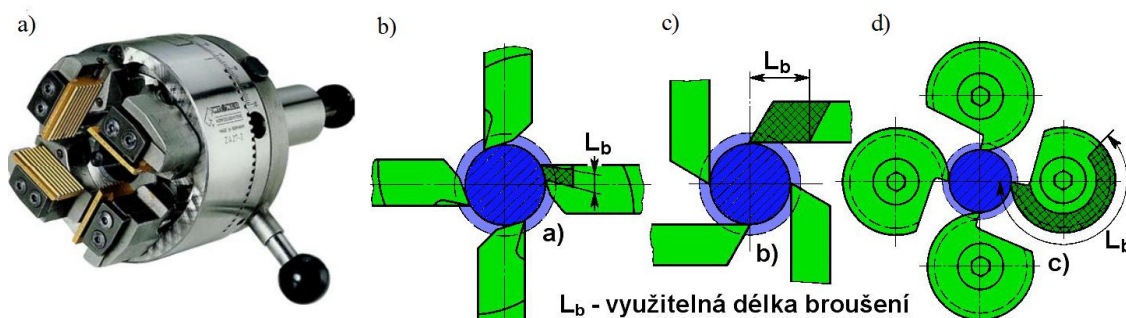
### Řezání závitů

Pro řezání vnějších závitů se používají různé druhy závitových čelistí, které se otáčejí kolem osy a ve směru osy se automaticky posouvají. Kruhové závitové čelisti se vyrábí pro pravý i levý závit, mají řezný kužel na obou čelních plochách a jsou upínány do vratidel. Vhodné pro ruční řezání menších průměrů závitu [3].



Obr. 12. a) kruhová závitová čelist, b) vratidlo s kruhovou závitovou čelistí [8]

Pro strojní řezání se využívají automatové závitové čelisti nebo vysoce produktivní závitové hlavy s radiálními nebo tangenciálními čelistmi nebo kotoučovými noži [3].



Obr. 13. a) závitová hlava [9], b) radiální čelisti, c) tangenciální čelisti, d) kotoučové nože [3]

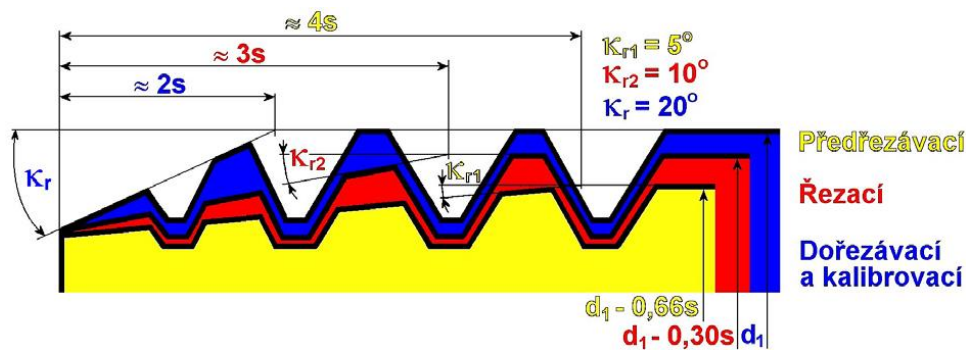
Řezání vnitřních závitů se provádí závitníky. Závitník má v podstatě tvar šroubu, jehož závit je přerušen jednou až osmi přímými nebo šroubovitými drážkami pro odvod třísky [3]. Vyrábějí se nejčastěji z rychlořezných ocelí a slinutých karbidů, v provedení s vnitřním chlazením, bez vnitřního chlazení, pro průchozí i neprůchozí závit [10]. Pro dosažení vyšší životnosti nástroje a odolnosti proti otěru jsou závitníky nejčastěji chráněny povlakem TiN, TiCN nebo TiAlN [11]. Pro výrobu kvalitního závitu je nutné věnovat pozornost předchozí operaci vrtání. Pro každý závit je předepsána správná velikost vrtáku.

Tab. 4. Přehled děr pro řezání závitů ve firmě EDP s.r.o.

závit	stoupání [mm]	Ø díry [mm]	závit	stoupání [mm]	Ø díry [mm]
M 2,5	0,45	2,05	M 6	1	5
M 3	0,5	2,5	M 8	1,25	6,8
M 4	0,7	3,3	M 10	1,5	8,5
M 5	0,8	4,2			

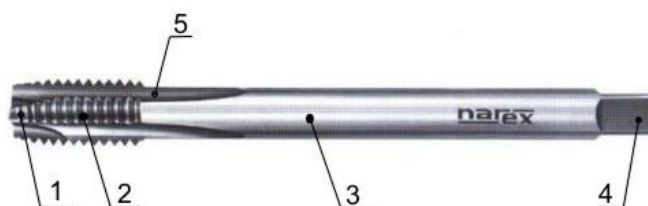
Vnitřní závit lze řezat ručně nebo strojně.

Pro ruční řezání se obvykle používají sadové závitníky upnuté do vratidla. Sada obsahuje dva až tři závitníky, první závitník je předřezávací, druhý je řezací, třetí závit dořízne a kalibruje [3].

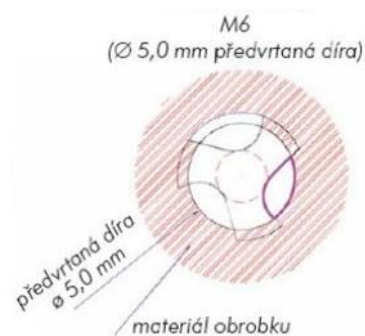
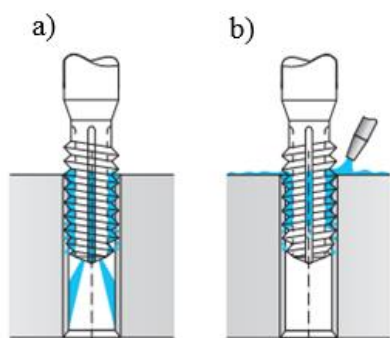


Obr. 14. profil ručních sadových závitníků [3]

Pro strojní řezání se obvykle používá jeden závitník s kratším řezným kuželem. S krátkou stopkou do M60 s dlouhou stopkou do M10 [3].



Obr. 15. popis části závitníku: 1 – řezný kužel, 2 – vodící kalibrovací část, 3 – stopka s označením, 4 – čtyřhran pro uchycení, 5 – drážka pro odvod třísek [8]



Obr. 16. přívod procesní kapaliny a) vnitřní b) vnější [13] Obr. 17. řezání v předvrtané díře [12]

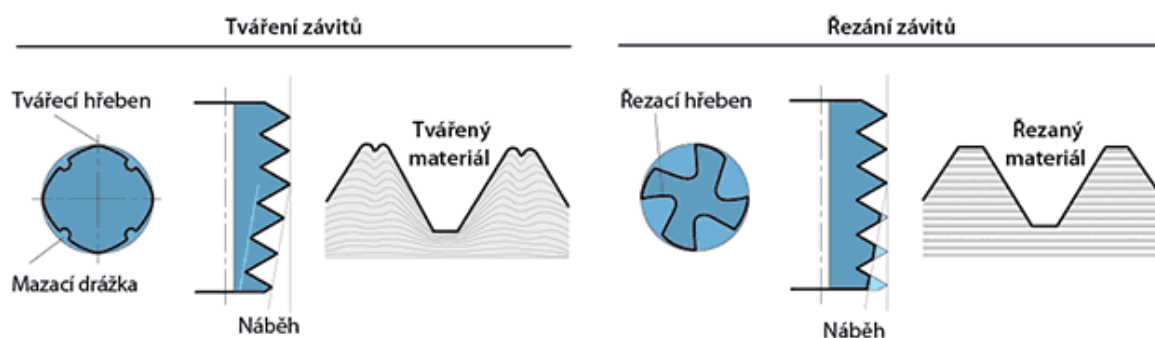
### 2.2.2 Výroba závitů beztrískovým obráběním

Beztrísková výroba závitů neboli tváření závitů oproti řezání neodebírá třísku a nepřerušuje vlákna materiálu, naopak dochází ke zpevnění povrchu zhuštěním materiálu (obr. 18). Tvářený závit se vyznačuje lepší jakostí, větší pevností a rovnoměrnější kalibrací závitů. Dále odpadá starost o nebezpečí ucpávání nástroje třískami a jeho následné zalomení v místech, kde nejsou ideální podmínky pro dobrý odchod třísek, například v neprůchozích dírách [14]. Z důvodu vzniku tvářecí vlny v oblasti vrcholu závitů, není

možné tváření použít ve všech průmyslových oborech např. v medicíně a leteckém průmyslu.

Až 65 % používaných materiálů ve strojírenském průmyslu lze tvářet. Materiál musí mít dobrou tvárnost za studena, tažnost nejméně 10 % a pevnost v tahu nesmí překročit  $1200 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$  [14]. Nejlépe se tváří oceli s pevností do 500 MPa, slitiny hliníku a měkké slitiny mědi [13].

- vnější – závity se válcují,
- vnitřní – závity se tváří pomocí tvářecích závitníků.



Obr. 18. průběh vláken u tvářeného a řezaného závitu [15].



Obr. 19. profil závitu vzniklý při tváření uhlíkové oceli C45 [16].

### Válcování

Válcování je nejproduktivnější způsob výroby vnějších závitů. Je to vytlačování závitů na svorníku pomocí plochých nebo kotoučových čelistí, které mají tvar profilu vyráběného závitu [3].

- **válcování plochými čelistmi,**

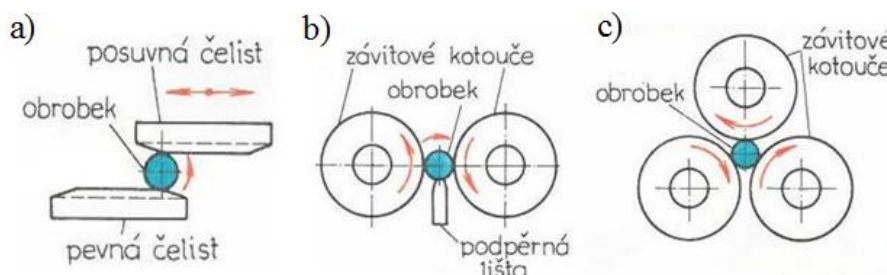
Polotovar je podáván mezi dvě kalené čelisti, z nichž horní se pohybuje se smýkadlem a odvalováním hladkého dříku mezi čelistmi se vytváří závit (obr. 20a). Metoda se používá pro výrobu běžných spojovacích šroubů [3].

- **válcování kotoučovými čelistmi** - radiálním nebo axiálním způsobem.

U radiálního způsobu se používají dva kotouče, na kterých je negativ profilu válcovaného závitu. Oba kotouče se otáčejí ve stejném smyslu a přibližují se k polotovaru (obr. 20b) [3].

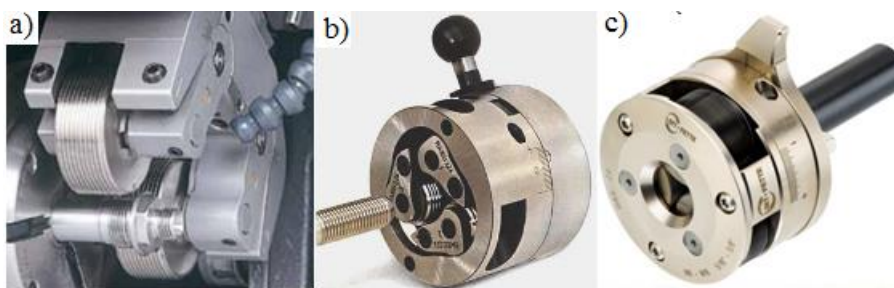
U axiálního způsobu je závit válcován pomocí tří volně otočných kotoučů vzájemně přesazených o  $1/3$  stoupání závitu, na kterých je negativ profilu závitu v uzavřených

okruzích. Při válcování se poloha kotoučů nemění, polotovar se otáčí a je vtahován mezi kotouče (obr. 20c) [3].



Obr. 20. princip tváření a) plochými čelistmi, b) dvěma kotouči, c) třemi kotouči [17]

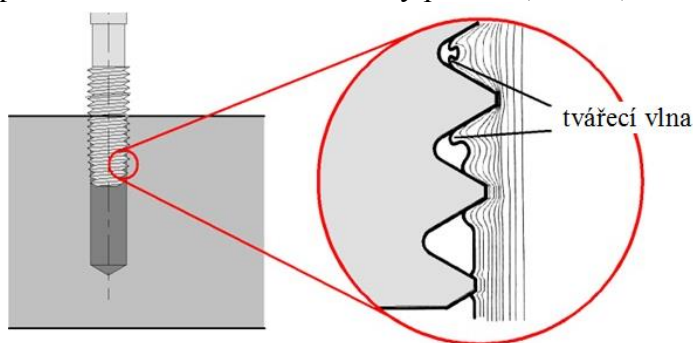
Firma LMT předvedla novou válcovací hlavu Evoline (obr. 21c), kde je možno v setinách milimetru nastavit průměr otáčejícího se dílu. Hlava se dodává pro závity: od M6 až M10, M8 až M16 a M12 až M22 [18].



Obr. 21. a) radiální způsob válcování závitu [19] b) axiální způsob válcování závitu [3] c) závitová válcovací hlava Evoline [18]

### Tváření závitníků

Proces tváření spočívá ve vtláčování náběhové části tvářecího závitníku do díry, tím materiál vlivem tepla měkne a zatéká mezi zoubky profilu (obr. 22) [14].

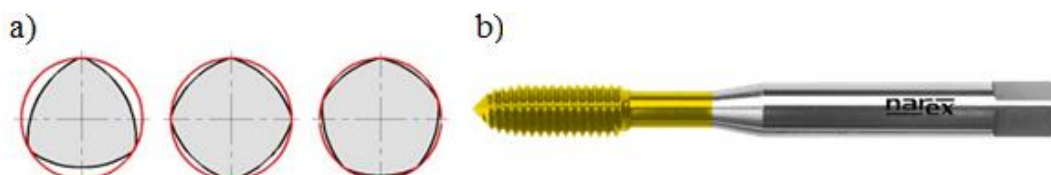


Obr. 22. tváření materiálu mezi zoubky tvářecího závitníku [20]

Tvářecí závitníky se vyrábějí monolitní nebo mají těleso s vyměnitelnou hlavicí.

Monolitní závitníky se vyrábějí buď z nepovlakovaných nebo povlakovaných slinutých karbidů [3]. U tvářecích závitníků na rozdíl od řezacích chybí podélné drážky. Tvářecí závitník má náběhovou a kalibrovací část. Náběhová kuželová část přemísťuje materiál a kalibrovací část kalibruje závit. Náběhová část je z pravidla konstruována v délce tří

stoupání závitu. Proto v neprůchozích dírách je potřeba s náběhovou částí počítat. Průřez tvářecího závitníku má tvar mnohoúhelníku (obr. 23a). Tyto tvary umožňují pronikání procesní kapaliny k pracovní části závitníku. Tvářecí závitníky se obvykle vyrábějí z vysoce výkonné rychlořezné oceli s povlakem TiN nebo TiCN na pracovní části pro zvýšení trvanlivosti nástrojů. Jelikož tváření vyžaduje vyšší řezné rychlosti, zvyšuje se produktivita. Výhodou také je, že se netvoří tříska, což má velký vliv na neprůchozí díry, kde by se mohla tříska zaseknout a poškodit závit nebo nástroj. Závit má také lepší jakost a pevnost, neboť při tváření dochází ke zpevnění povrchu zahuštěním materiálu [14].



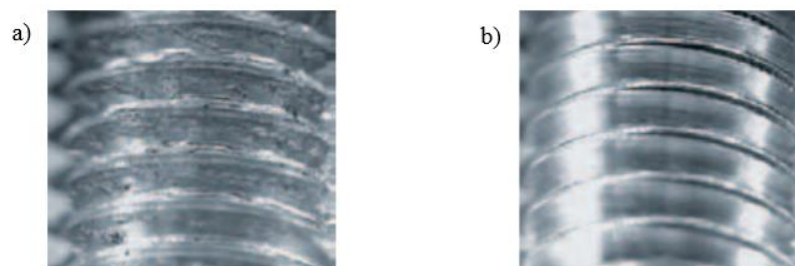
Obr. 23. a) možné průřezy tvářecího závitníku [20], b) tvářecí závitník Narex s povlakem TiN [21]

Závitníky s vyměnitelnou hlavicí mají ocelové těleso a přesně broušenou vyměnitelnou hlavici z povlakovaného slinutého karbidu. Spojení tělesa s hlavicí je zajištěno prostřednictvím unášeče (výstupky, které zapadají do drážek hlavice) a šroubu [3].



Obr. 24. a) upevnění hlavice, b) konstrukce závitníku [22]

Při tváření je důležité zejména mazání. Při špatném mazání se snižuje trvanlivost nástroje a může dojít k jeho zalomení. Mazání má i velký vliv na jakost povrchu (obr. 25) [13].



Obr. 25. a) šupinatý povrch při nedostatečném mazání b) hladký povrch při vynikajícím mazání [13]

Rozlišují se dva typy nástrojů [13]:

- tvářecí závitník bez mazacích drážek – použití většinou u plechu,
- tvářecí závitník s mazacími drážkami – použití pro hlubší závity.





Obr. 26. a) tvářecí závitník bez mazacích drážek, b) tvářecí závitník s mazacími drážkami [13]

Pro tvářené závity jsou díry větší než pro řezané závity. Většina závitů tvořených ve firmě je do M10, větší jsou jen v ojedinělých případech. Přehled děr pro tvářené závity je v tabulce 5. Průměr díry pro tvářené závity lze také vypočítat podle vztahu (2.1) [13].

Tab. 5. Přehled děr pro tvářené závity ve firmě EDP s.r.o.

závit	stoupání [mm]	Ø díry [mm]	závit	stoupání [mm]	Ø díry [mm]
M 2,5	0,45	2,3	M 6	1	5,55
M 3	0,5	2,8	M 8	1,25	7,4
M 4	0,7	3,7	M 10	1,5	9,3
M 5	0,8	4,65			

$$D = JR - f * s \quad (2.1)$$

kde: D [mm] - průměr díry  
 JR [mm] - jmenovitý rozměr  
 f [-] - tolerance  
 s [mm] - stoupání

- tolerance 6H:  $f=0,45$
- tolerance 6G:  $f=0,42$

Příklad pro závit M5 6H:

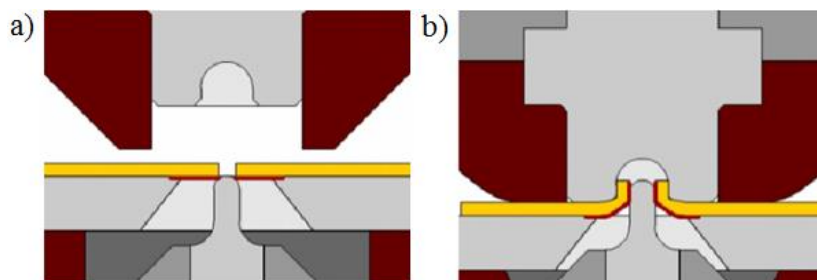
$$D = 5 - 0,45 * 0,8 = 4,64 \text{ mm}$$

Tab. 6. Tolerance díry [13]

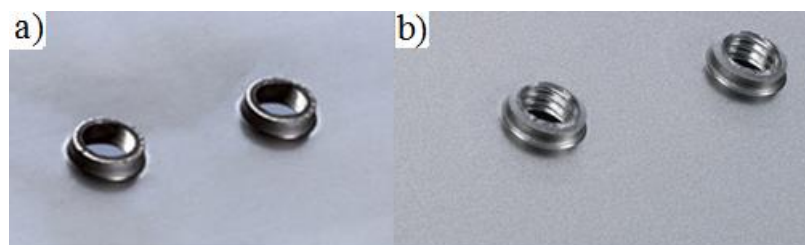
Stoupání závitu	Tolerance průměru předvrtání
$\leq 0,3 \text{ mm}$	$\pm 0,01 \text{ mm}$
$> 0,3 \text{ mm až } < 0,5 \text{ mm}$	$\pm 0,02 \text{ mm}$
$\geq 0,5 \text{ mm až } < 1 \text{ mm}$	$\pm 0,03 \text{ mm}$
$\geq 1 \text{ mm}$	$\pm 0,05 \text{ mm}$

### Tvorba lemu na vnitřních kruhových otvorech

Některé závitové spoje vyžadují větší pevnost, proto se přidává před tvářením závitu další operace lemování. Lem se vyrábí do tloušťky plechu maximálně 2,5 mm. Před tvořením lemu se nejprve vyrazí díra menšího průměru a poté tažník vytvoří lem ze zbylého materiálu (obr. 27).



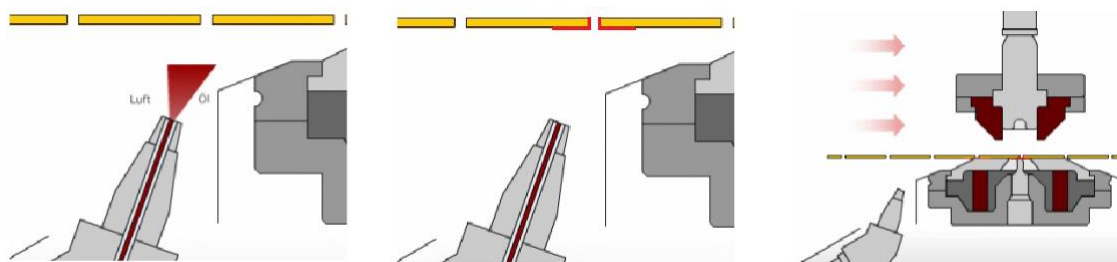
Obr. 27. proces tvoření lemu [23]



Obr. 28. a) vytvořený lem, b) lem s tvářeným závitem [23]

### 2.3 Strojový park firmy EDP s.r.o.

Strojový park firmy EDP s.r.o. je z velké části vybaven stroji firmy TRUMPF. Pro výrobu tvářených závitů se využívá hlavně stroj TruMatic 7000. Kombinovaný stroj TruMatic 7000 je kombinace vysekávání a řezání laserem, kterým lze vyřezat různě složité tvary. Je zde možnost také gravírovat do plechu různá loga a texty. Stroj má řadu nových technologických funkcí. Odjehlovací funkce sráží hrany již na stroji a závitovací sada nástrojů umožňuje tvářet kvalitní závity v širokém rozsahu tlouštěk plechu. Díky aktivní matici lze lisovat hlubší prolisy, tvořit lemy a zamezuje se poškrábání plechového výrobku. Díky mazání matrice rozprašováním lze spodní stranu plechu před tvářením namazat (obr. 29). Olej se nanese přesně na místa, kde se má tvářet. Zvýší se tak produktivita, kvalita dílu a prodlouží se trvanlivost nástroje [23].



Obr. 29. postup nanášení oleje na spodní stranu plechu [23]

Tab. 7. Technické údaje stroje TruMatic 7000 [23]

Pracovní rozsah stolu	2500 mm × 1250 mm
Maximální tloušťka plechu	8 mm
Výkon laseru	4000 W
Maximální vysekávací síla	220 kN
Maximální počet nástrojů	22
Velikost stroje	8000 mm × 6700 mm

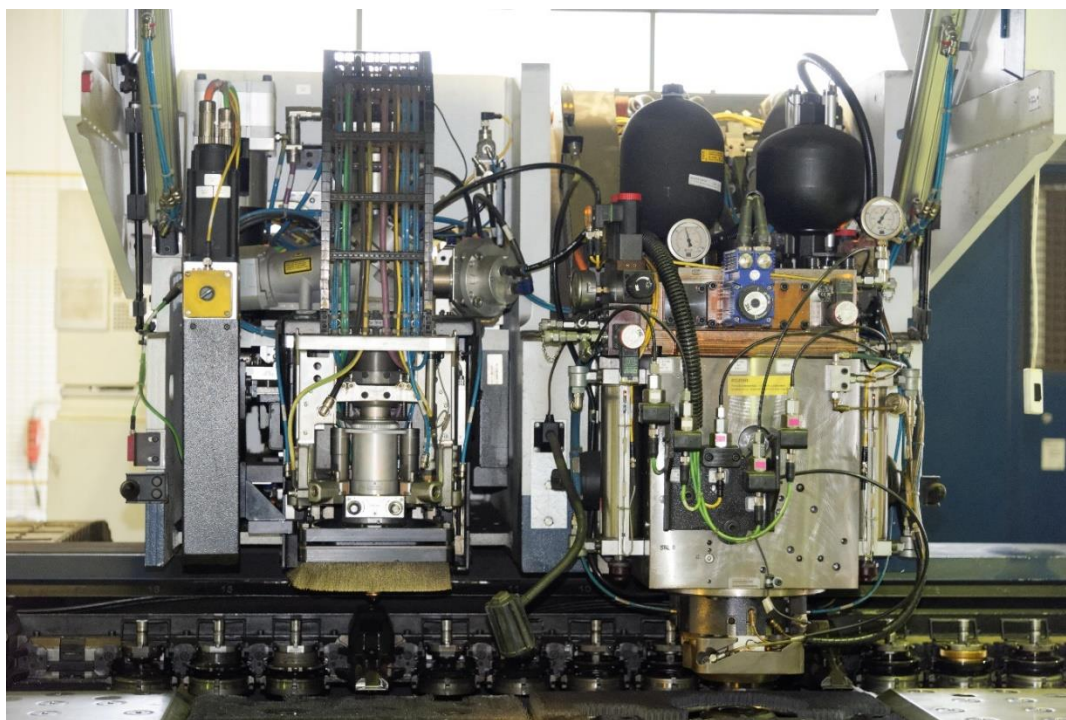


Obr. 30. stroj TruMatic 7000 [23]



Obr. 31. zásobník nástrojů

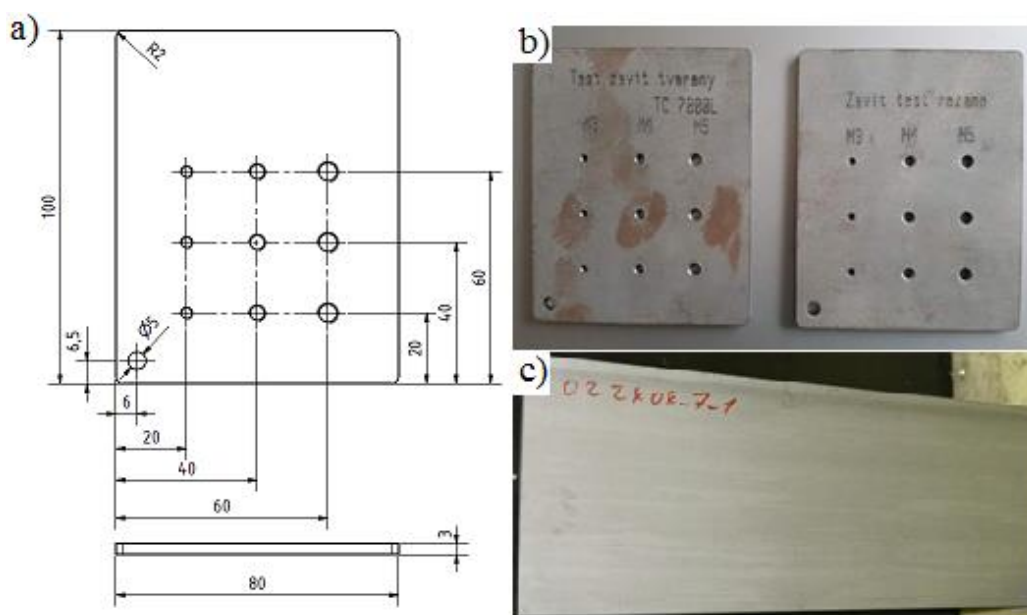




Obr. 32. kombinace laseru (vlevo) a vysekávacího stroje (vpravo)

## 2.4 Výroba vzorků

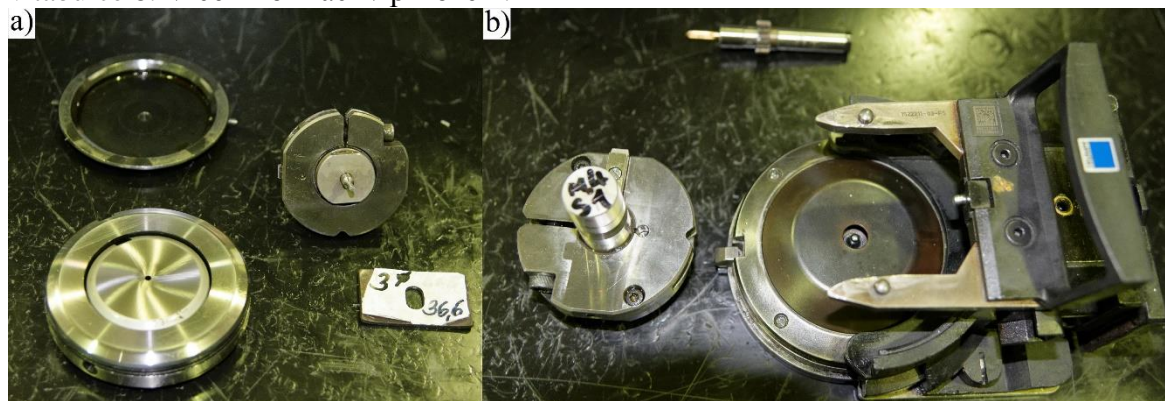
U vzorků (obr. 33a, b), které byly vyrobeny, byl sledován a měřen průběh výroby. Výchozí materiál, z kterého se vzorky vyráběly, byl plech 11 375 (tab. 1) o tloušťce 3 mm (obr. 33c). Celkem se vyrobilo šest vzorků, z toho tři vzorky se vyrobily s tvářenými závitů celé na stroji TruMatic 7000 a tři vzorky byly jen předděrované pro pozdější řezání závitů. Na každém vzorku jsou tři závitů M3, M4 a M5. Dále vygravírované názvy a popisy závitů. V levém dolním rohu je vyražena díra na uchycení. K výrobě vzorků bylo použito 11 nástrojů (obr. 31). Seznam nástrojů je v příloze 1.



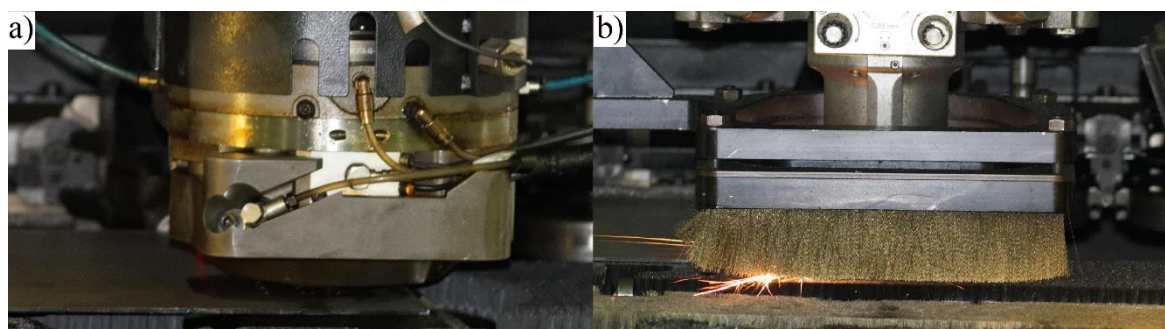
Obr. 33. a) vzorek s kótami, b) vyrobené vzorky, c) výchozí materiál

- **výroba vzorku s tvářenými závity**

První operací bylo vyražení děr pro závity M3 a poté výměna nástroje na nástroj s raznicí většího průměru. Vyrazily se díry pro závity M4 a následovala opět výměna nástroje a vyražení děr pro závity M5. Přehled průměrů děr pro tváření závitů je v tabulce 5. Následovala výměna nástroje na nástroj se závitníkem M3 a byly vytvořeny závity. To samé proběhlo i u závitů M4 a M5. Dále byla vyražena díra o Ø5 mm do dolního rohu na uchycení. Následující operace byla gravírování názvu a popisu závitů. Poslední operace byla vyřezání konečného tvaru laserem. Celkem se takto vyrobily tři vzorky. Výrobní čas jednoho vzorku s tvářenými závity je 1,95 min. Podrobnější rozpis výrobních časů je v tabulce 8. Více informací v příloze 1.



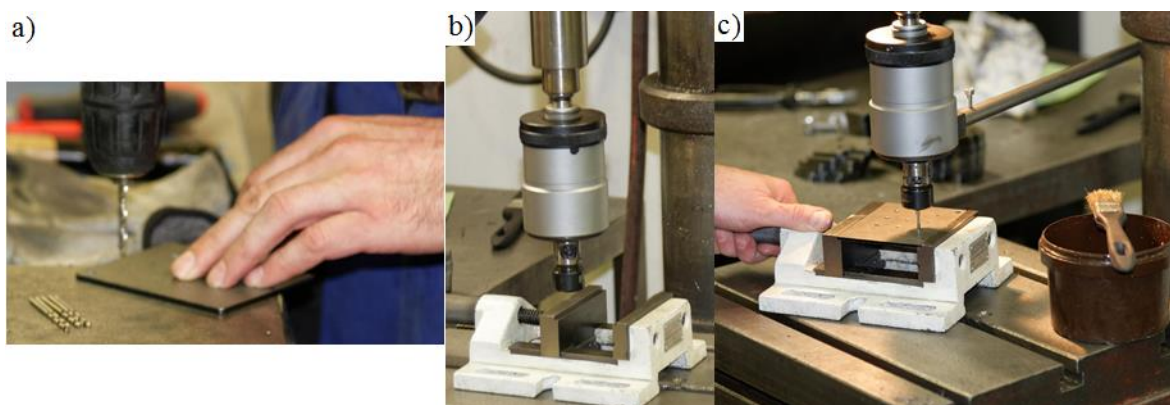
Obrázek 34. a) složení nástroje pro děrování, b) složení nástroje s tvářecím závitníkem



Obr. 35. a) tváření závitů, b) řezání laserem

- **výroba vzorku s obráběnými závity**

Ty samé operace proběhly i u dalších třech vzorků, akorát nebyly tvářeny závity a průměry raznic se liší. Přehled průměrů děr pro obráběné závity je v tabulce 4. Výrobní čas jednoho takto vyrobeného vzorku je 1,32 min. Další operace se provádí ručně na sloupové vrtačce. Nejprve se díry zahloubí (obr. 36a) a poté se závity řezou strojními závitníky (obr. 36c). Ve vřetení vrtačky je upnuta závitořezná hlava (obr. 36b), která umožňuje řezat průchozí i slepé otvory. Stroj nemusí umožňovat reverzaci chodu pro vytáčení závitníku z otvoru. Seřiditelná spojka chrání závitník před zlomením. Vyšroubování závitníku běží automaticky dvojnásobnou rychlostí. Otáčky nastavuje dělník u stroje a posuv vykonává ručně pákou vrtačky. Mazání a čištění od třísek dělník provádí za pomoci štětce a vhodné procesní kapaliny. Manipulace materiálu mezi pracovišti, seřazení stroje, výměna nástroje, mazání a samotné řezání je poměrně časově náročné. Podrobnější rozpis výrobních časů je v tabulce 9.



Obr. 36. a) zahloubení díry, b) závitořezná hlava, c) řezání závitu

#### 2.4.1 Podrobný rozpis výrobních časů

Vzhledem k tomu, že výrobní časy jsou příliš krátké, budou v tabulce 8 a 9 uvedeny v sekundách, ale výsledný čas bude uveden v minutách.

Tab. 8. Podrobný rozpis výrobních časů při výrobě vzorku s tvářenými závity

Číslo operace	Popis operace	Čas [s]
1	Výměna nástroje	6
2	Vyražení tří děr raznici Ø 2,8 mm	6
3	Výměna nástroje	6
4	Vyražení tří děr raznici Ø 3,7 mm	6
5	Výměna nástroje	6
6	Vyražení tří děr raznici Ø 4,65 mm	6
7	Výměna nástroje	6
8	Tváření závitů M3	5
9	Výměna nástroje	6
10	Tváření závitů M4	5
11	Výměna nástroje	6
12	Tváření závitů M5	5
13	Výměna nástroje	6
14	Vyražení díry na uchycení	2
15	Výměna nástroje	6
16	Přejetí materiálu z vysekávacího stroje k laseru	2
17	Gravírování	11
18	Řezání laserem	21
	<b>Celkem</b>	<b>117</b>
Výrobní čas vzorového výrobku je 1,95 min.		



Tab. 9. Podrobný rozpis výrobních časů při výrobě vzorku s obráběnými závitů

Číslo operace	Popis operace	Čas [s]
1	Výměna nástroje	6
2	Vyražení tří děr raznici Ø 2,5 mm	6
3	Výměna nástroje	6
4	Vyražení tří děr raznici Ø 3,3 mm	6
5	Výměna nástroje	6
6	Vyražení tří děr raznici Ø 4,2 mm	6
7	Výměna nástroje	6
8	Vyražení díry na uchycení	2
9	Výměna nástroje	6
10	Přejetí materiálu z vysekávacího stroje k laseru	2
11	Gravírování	7
12	Řezání laserem	21
	<b>Celkem na stroji TruMatic 7000</b>	80
Výrobní čas na stroji TruMatic 7000 je 1,32 min.		
13	<b>Přeprava obrobků ke stolní vrtačce</b>	300
Čas na přepravu výrobků je 5 min.		
14	Zahloubení děr	18
15	Výměna nástroje	9
16	Řezání závitů M3	8
17	Výměna nástroje	9
18	Řezání závitů M4	8
19	Výměna nástroje	9
20	Řezání závitů M5	8
	<b>Celkem na sloupové vrtačce</b>	69
Výrobní čas na sloupové vrtačce je 1,15 min.		

### 3 VYHODNOCENÍ FUNKČNOSTI FINÁLNÍCH VÝROBKŮ

Dříve firma EDP s.r.o. většinu závitů vyráběla řezáním, ale protože řezání nesplňovalo mnoho kritérií, firma začala závity tvářet. Hlavním důvodem bylo vyhnutí se zbytečné přepravě dílů, zkrácení výrobních časů a tím pádem snížení nákladů. V současnosti se nejvíce využívají tvářené závity, z menší části navařované svorníky a nalisované nebo nanýťované matice. Nejméně se využívají zavítý řezané.

#### 3.1 Zhodnocení řezaných závitů

- Nevýhody:

Horší mechanické vlastnosti – vlákna se přerušují.

Nutnost přemísťovat materiál mezi pracovišti – je potřeba více obsluhy a vzniká velká časová náročnost, což vede k velkým nákladům.

Pomalá výroba – ruční seřízení a ovládání stroje, ruční výměna a mazání nástroje.

Výroba ovlivněna lidským faktorem – výroba neshodného dílu, zalomení nástroje, špatné mazání.

Rozměry dílce musí vyhovovat pracovní ploše sloupové vrtačky.

- Výhody:

Při řezání obsluha pozná ihned výrobu neshodného dílu.

Nezáleží na tloušťce plechu.

#### 3.2 Zhodnocení tvářených závitů

- Nevýhody:

Tvářený závit na stroji TruMatic 7000 lze vyrábět pouze do tloušťky plechu 5 mm.

Výrobu neshodného dílu lze poznat až po ukončení celého cyklu na stroji – vyrobí se závit a poté je špatně vypálen tvar laserem.

Větší čištění od procesní kapaliny.

Tváření závitů jen jedním směrem – prvky, kde je potřeba závit zpevněný lemem z obou stran plechu, nelze vyrobit.

- Výhody:

Lepší mechanické vlastnosti – vlákna se nepřerušují.

Automatizace výroby: minimální náklady na přemísťování materiálu, obsluhu stoje, krátké výrobní časy.

Možnost vyrábět rozměrné díly.

**Nevýhoda vyrážení děr** - u větších tloušťek plechu se díra kuželovitě zvětšuje (obr. 37).



Obr. 37. chyba při ražení děr

### 3.3 Ekonomické zhodnocení

Zadané hodnoty jsou z nastavovacího plánu, které jsou podrobněji zapsané v tabulce 8,9. Hodinová sazba na stroji TruMatic 7000 činí 550 Kč.hod<sup>-1</sup>, na sloupové vrtačce a přepravě materiálu činí 350 Kč.hod<sup>-1</sup>.

#### Ekonomické zhodnocení výroby vzorového výrobku s tvářenými závit

$$N_T = t_{1T} * 1000 * \frac{S_7}{60} \text{ [Kč]} \quad (3.1)$$

kde:  $N_T$  [Kč] - cena výroby tisíce kusů vzorků s tvářenými závity

$t_{1T}$  [min] - výrobní čas jednoho kusu vzorku s tvářenými závity

$S_7$  [Kč.hod<sup>-1</sup>] - hodinová sazba na stroji TruMatic 7000

$$N_T = 1,95 * 1000 * \frac{550}{60} = 17\,875 \text{ Kč}$$

$$t_T = t_{1T} * 1000 \text{ [hod]} \quad (3.2)$$

kde:  $t_T$  [min] - celkový čas výroby tisíce kusů vzorků s tvářenými závity

$$t_T = 1,95 * 1000 = 1950 \text{ min} = 32,5 \text{ hod}$$

#### Ekonomické zhodnocení výroby vzorového výrobku s obráběnými závit

$$N_7 = t_{107} * 1000 * \frac{S_7}{60} \text{ [Kč]} \quad (3.3)$$

kde:  $N_7$  [Kč] - cena za práci na stroji Trumatic 7000

$t_{107}$  [min] - výrobní čas jednoho kusu na stroji TruMatic 7000

$$N_7 = 1,32 * 1000 * \frac{550}{60} = 12\,100 \text{ Kč}$$

$$N_p = t_p * \frac{S_p}{60} \text{ [Kč]} \quad (3.4)$$

kde:  $N_P$  [Kč] - cena za přepravu materiálu

$t_P$  [Kč] - čas přepravy materiálu

$S_P$  [Kč.hod<sup>-1</sup>] - hodinová sazba na přepravu materiálu

$$N_p = 5 * \frac{350}{60} = 29 \text{ Kč}$$

$$N_V = t_{10V} * 1000 * \frac{S_V}{60} [Kč] \quad (3.5)$$

kde:  $N_V [Kč]$  - cena za práci na sloupové vrtačce  
 $t_{10V} [min]$  - výrobní čas jednoho kusu na sloupové vrtačce  
 $S_V [Kč.hod^{-1}]$  - hodinová sazba na sloupové vrtačce

$$N_V = 1,15 * 1000 * \frac{350}{60} = 6\,708\,Kč$$

$$N_O = N_7 + N_p + N_V [Kč] \quad (3.6)$$

kde:  $N_O [Kč]$  - cena za výrobu tisíce kusů vzorků s obráběnými závity

$$N_O = 12\,100 + 29 + 6\,708 = 18\,837\,Kč$$

$$t_O = (t_{107} * 1000) + t_p + (t_{OV} * 1000) [hod] \quad (3.7)$$

kde:  $t_O [min]$  - celkový čas výroby tisíce kusů vzorků s obráběnými závity

$$t_O = (1,32 * 1000) + 5 + (1,15 * 1000) = 2475\,min = 41,25\,hod$$

$$t_R = t_O - t_T [hod] \quad (3.8)$$

kde:  $t_R [min]$  - časový rozdíl mezi obráběním a tvářením

$$t_R = 41,25 - 32,5 = 8,75\,hod$$

$$N_R = N_O - N_T [Kč] \quad (3.9)$$




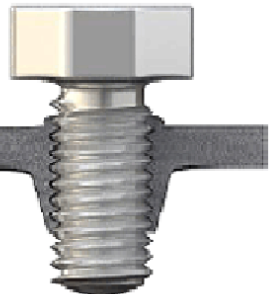
kde:  $N_R [Kč]$  - rozdíl cen za vyrobení vzorku obráběním a tvářením

$$N_R = 18\,837 - 17\,875 = 962\,Kč$$

#### 4 POSOUZENÍ UVAŽOVANÝCH ZMĚN

Jelikož se ve firmě vyrábí dílce, kde je potřeba vytvořit pevný závit s lemem z obou stran nebo je potřeba vyrobit závit do tlustšího plechu, řeší se tento problém navařováním nebo nanýtováním matice.

Jelikož nesplňuje jak navařování tak nanýtování matice mnoho kritérií (obr. 38), byla navržena operace Thermdrill neboli termální vrtání, což je velice účinný způsob, jak vytvořit vysoce kvalitní šroubový spoj do tenkostěnných materiálů.

Vyřezaný závit	Navařovaná matice	Nýtovaná matice	Thermdrill
			
<b><u>Nevýhody</u></b>	<b><u>Nevýhody</u></b>	<b><u>Nevýhody</u></b>	<b><u>Výhody</u></b>
Jen 1-2 chody závitů	Náročná montáž	Zpříčení při montáži	Bezpečné držení (žádné zkroucení)
Nespolehlivé	Tepelné deformace	Může se zkroutit	Rychlá montáž
Přerušená vlákna	Pouze pro rovné plechy	Omezená trvanlivost	Časová a cenová úspora
			Vysoká bezpečnost
			4-5 chodů závitů

Obr. 38. přehled výhod a nevýhod u různých metod vytváření závitů [24]

Metodou Thermdrill lze ve dvou krocích beztržiskově vyrobit stabilní závitové pouzdro [24]. Technologie tepelného tváření děr se podobá běžnému vrtání. Působením rotace, tlaku a speciální geometrie nástroje vzniká dostatečné teplo k tomu, aby materiál okolo vrtáku změkkl a stal se tvárným [15].



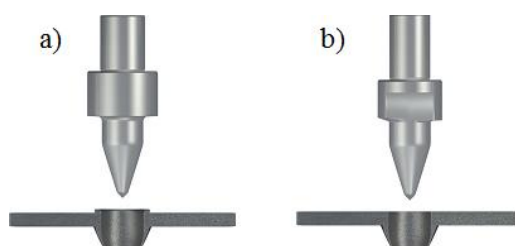
Obr. 39. Postup výroby závitů metodou Thermdrill [24]



Nástroj je z karbidu wolframu a vyrábí se ve dvou sadách [24]:

- sada „Form“ – nástroj okolo díry vytvaruje z vytlačeného materiálu lem (obr. 40a). Vhodné zejména pro vytváření děr do trubek.
- sada „Cut“ – tento typ má ostří, které odstraní přebytečný materiál, výsledkem je zarovnaný povrch (obr. 40b).

Nástroje se vyrábí ve všech standartních velikostech a lze je použít do měkkých kovů jako jsou mosaz, měď, hliník, přes kovy tvrdých struktur až po vysoce kvalitní ocel. Výrobci z pravidla uvádějí minimální trvanlivost nástroje na výrobu 5000 děr bez broušení, chlazení nebo zalomení [15].



Obr. 40. a) varianta „Form“, b) varianta „Cut“ [15]

Všechny nástroje jsou navrženy pro práci na sloupových a stolních vrtačkách, frézkách a CNC obráběcích centrech. Upínají se do kleštinového upínače (obr. 41a, b).



Obr. 41. a) kleštinový upínač, b) kleštiny [15]

Při použití termálního vrtání, se závit vyrábí jen ve dvou krocích, tím nám odpadá častější výměna nástroje, lze ušetřit až 50 % výrobního času a 70 % materiálových nákladů [24].

#### **Příklad výpočtu výroby závitu nýtováním a termálním vrtáním:**

Výroba 5 000 ks M8 do materiálu tloušťky 2 mm.

Cena nýtu –  $C_{nyt} = 2,65 \text{ Kč}$  [25]

Cena sady Thermdrill metrický (Form) M8 + tvářecí závitník M8 –  $C_{mat2} = 2835 \text{ Kč}$  [26]

Hodinová sazba nýtování a termálního vrtání –  $S_n = 350 \text{ Kč.hod}^{-1}$

**Thermdrill** – tepelné tváření díry → tváření závitu  $t_1 = 8 \text{ s}$  [24]

**Nýťovaná matice** – vrtání → odjehlení → umístění nýtu → připevnění nýtu  $t_2 = 16 \text{ s}$  [24]

$$C_{mat1} = 5000 * C_{nyt} [Kč] \quad (4.1)$$

kde:  $C_{mat1} [Kč]$  - cena 5000 ks nýtů

$C_{nyt} [Kč]$  - cena nýtu

$$C_{mat1} = 5000 * 2,65 = 13250 \text{ Kč}$$

$$M_{n1} = \frac{t_1 * 5\,000 * S_n}{360} [Kč] \quad (4.2)$$

kde:  $M_{n1} [Kč]$  - mzdové náklady na nýtování

$t_1 [s]$  - čas vytvoření závitu termálním vrtáním

$S_n [Kč.hod^{-1}]$  - hodinová sazba nýtování a termálního vrtání

$$M_{n1} = \frac{16 * 5\,000 * 350}{360} = 7780 \text{ Kč}$$

$$C_{mat2} = 2835 \text{ Kč}$$

$$M_{n2} = \frac{t_2 * 5\,000 * S_n}{360} [Kč] \quad (4.3)$$

kde:  $M_{n2} [Kč]$  - mzdové náklady na termální vrtání

$C_{mat2} [Kč]$  - cena sady Thermdrill (Form) M8 + tvářecí závitník M8

$t_2 [s]$  - čas vytvoření závitu nýtováním

$$M_{n2} = \frac{8 * 5\,000 * 350}{360} = 3890 \text{ Kč}$$

Tab. 10. Ekonomické zhodnocení [24]

	Nýťovací matice	Thermdrill	až 70 % úspora nákladů
Cena materiálu	13 250 Kč	2 835 Kč	10 415 Kč
Mzdové náklady	7780 Kč	3890 Kč	3 890 Kč
Celkové náklady	21 030 Kč	6 725 Kč	<b>14 305 Kč</b>

**Výhody [15, 24]:**

- až o 80 % nižší náklady na materiál z důvodu vysoké životnosti nástroje,
- až o 50 % nižší mzdové náklady,
- není potřeba žádný speciální stroj, lze použít na téměř jakékoliv vrtačce.

## 5 DISKUZE

V bakalářské práci je řešena výroba vzorků s tvářenými závity a s obráběnými závity. U obou postupů je popsán proces výroby a vyhodnocení jejich výhod a nevýhod. Dále bylo provedeno ekonomické zhodnocení, z kterého vyplynulo, že při výrobě 1 000 ks vzorků s tvářenými závity se výroba zrychlí o 8,75 hodin a bude o 962 Kč levnější, což není jedinou výhodou tvářených závitů.

U obrábění závitů je velkou nevýhodou ovlivnění lidským faktorem. Když dělník nepracuje, výroba stojí, do čehož se zahrnuje návštěva toalety, vyřešení osobních hovorů, svačina, oběd a spousta dalších faktorů, které omezují výrobu. Naopak u stroje je zadán program a stroj pracuje sám, dokud není dílec hotový.

Problém nastává, nesplňuje-li materiál požadavky k tváření. Musí mít dobrou tvárnost za studena, tažnost nejméně 10 % a pevnost v tahu nesmí překročit  $1200 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ . Pokud jeden z požadavků materiál nesplňuje, závity se obrábí do plechů o tloušťce větší jak 3 mm a do plechů o tloušťce menší jak 3 mm se lisují a nýtují matice. S tím může souviset problém u objemné zakázky s umístěním dílců kolem pracoviště, kdy výroba jde do stovek kusů, a dílce jsou různé.

Vyžaduje-li se, aby byl závit s lemem i z druhé strany dílce, lze to vyřešit nanýtováním, navařením nebo nalisováním matice, ale ne vždy je tato volba vhodná, proto byla navržena operace termální vrtání. Touto metodou se omezuje řada nevýhod, jako zkroucení závitu, tepelná deformace nebo zpříčení matice při montáži.

Další problém u tváření závitů nastává tehdy, má-li plech tloušťku větší jak 5 mm. V takovém případě lze použít řezání závitu nebo termální vrtání s tvářením závitu.

Termální vrtání lze použít u většiny kovů, od měkkých přes tvrdé až po vysoce kvalitní oceli. Tím, že se nepřerušují vlákna materiálu, vzniká velice pevný závit. Touto metodou nevzniká kuželovitá díra, tak jak to je u vyražení děr. Další výhodou této metody je výroba jen na dvě operace, tím je ušetřen čas při výměně nástrojů. Závity lze vyrábět dodatečně i po dalších operacích jako je ohýbání a svařování, takže závity lze vyrobit v uzavřených dutých profilech. Nevýhodou je, že se nedá použít v každém průmyslu a vzniká z druhé strany ostrá hrana.

V řešeném tématu je proveden přibližný výpočtový příklad, ve kterém je zadána výroba 5000 ks závitu M8 nýtováním a termálním vrtáním. Při výrobě 5000 ks termálním vrtáním oproti nýtování matic, by se ušetřilo 14 305 Kč a výrobní čas by se snížil na polovinu. Velkou částku zde tvoří pořízení nýtovacích matic, která činí cca 13000 Kč za 5000 ks.

## ZÁVĚR

Jelikož je firma vybavena stroji, které jsou uzpůsobeny přímo na zpracování plechu je tváření závitů na těchto strojích velice vhodnou metodou. Z výpočtu bylo zjištěno, že při výrobě 1 000 ks vzorků s tvářenými závitů v porovnání s vzorkem s obráběnými závitů se výroba zrychlí o 8,75 hodin a bude o 962 Kč levnější. Problém nastává v době, kdy závitů nejsou vyhovující nebo nejdou vyrobit.

Závitů nesplňují funkčnost má-li plech tloušťku do 2,5 mm a nelze vyrobit lem. Tím ztrácí tvářený závit pevnost. Z toho plyne, že se závit může poškodit a nesplní tak funkčnost finálního výrobku.

Dále nastává problém u součástí, které se nevyrábí na stroji TruMatic 7000, jako jsou tyče, jekly atd. nebo už ohnuté, svařené součásti. V takových případech se používá metoda lisování nebo nýtování matic. Tyhle metody jsou poměrně spolehlivé, ale mají také svá úskalí, jako je vymačkání nýtu nebo zpříčení při montáži.

Vzhledem k tomu, že se takové chyby vyskytují, lze použít termální vrtání v některých případech, zvláště u uzavřených profilů, kde je tato metoda velice vhodná.

Z výpočtu vyplývá, že cena za výrobu 5000 kusů závitů M8 nýtováním je 21 030 Kč a termálním vrtáním je 6725 Kč. Rozdíl mezi těmito metodami činí 14 035 Kč tedy až 70 % úspor nákladů. Velkou část nákladů tvoří nákup nýtovacích matic, která činí 13 250 Kč, kdy jeden kus nýtovací matice M8 momentálně stojí 2,65 Kč.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. *NYPRO hutní prodej, a.s.: Ocelové plechy válcované za tepla* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://nyprohutni.cz/valcovane-za-tepla>
2. *DAAKKVL, s.r.o.: Povrchové úpravy* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.daakkvl-kovo.cz/cs/2-co-nabizime/42-povrchove-upravy.html>
3. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
4. *NYPRO hutní prodej, a.s.: Ocelové plechy válcované za studena* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://nyprohutni.cz/valcovane-za-studena>
5. PALÁT, Hynek. *Druhy závitů* [online]. 2011 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/sablony/SPS\\_II/VY\\_32\\_INOVACE\\_C-07-02.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/sablony/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-02.pdf)
6. KOCMAN, Karel; PROKOP Jaroslav. *Technologie obrábění*. Druhé vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., prosinec 2005. 271 s. ISBN 80-214-3068-0.
7. *Obrábění závitů. MM Průmyslové spektrum* [online]. 03.02.2010, (2010 / 1) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeni-zavitu.html>
8. *NAREX Ždánice, spol. s r.o.: Strojní závitníky* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/strojni-zavitniky/>
9. *WAGNER® Werkzeugsysteme Müller GmbH: Závitořezné hlavy* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.wagner-werkzeug.de/fileadmin/pdf/Werbeflyer-Schneidkopf-CZ.pdf>
10. *Efektivní výroba precizních závitů. MM Průmyslové spektrum* [online]. 15.05.2012, (2012 / 5) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/efektivni-vyroba-preciznich-zavitu.html>
11. *Bezpečné a efektivní závitování. MM Průmyslové spektrum* [online]. 17.10.2012, (2012 / 10) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecne-a-efektivni-zavitovani-5268.html>
12. *Speciální geometrie odstraňuje problémy při řezání závitů. MM Průmyslové spektrum* [online]. 19.11.2013, (2013 / 11) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/specialni-geometrie-odstranuje-problemy-pri-rezani-zavitu.html>

13. *Walter CZ s.r.o.: Závitování s Walter Prototyp* [online]. Germany 2012. 63 s. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/manuals/cs-cz/handbook-prototyp-threading-2012-cz.pdf>
14. Výroba vnitřních závitů tvářením. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 11.04.2001, (2001 / 4) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim.html>
15. *Thermdrill: Princip činnosti* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.thermdrill.cz/jak-to-funguje/princip-cinnosti/>
16. *Dormer Tools: Tvářecí závitníky* [online]. 2013, (2013 / 1), 8 s. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: [http://www.mav.cz/dormer/Tvareci\\_zavitniky.pdf](http://www.mav.cz/dormer/Tvareci_zavitniky.pdf)
17. KUBÍČEK, Miroslav. *Tváření: Tváření závitů* [online]. , 16 s. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: [http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/STT,%20KOM/VY\\_32\\_INOVACE\\_20-19.pdf](http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/STT,%20KOM/VY_32_INOVACE_20-19.pdf)
18. Osová válcovací hlava s jemným nastavením zjednodušuje výrobu závitů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 15.01.2015, (2015 / 1) [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/novinka/osova-valcovaci-hlava-s-jemnym-nastavenim-zjednodusuje-vyrobu-zavitu.html>
19. *WAGNER® Werkzeugsysteme Müller GmbH: Technologie výroby závitů* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.wagner-werkzeug.de/fileadmin/pdf/Gesamtprospekt-CZ.pdf>
20. *Závitování: Výroba vnitřních závitů* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.zavitovani.cz/vyroba-vnitrnich-zavitu/tvareni-zavitu>
21. *NAREX Ždánice, spol. s r.o.: Tvářecí závitníky* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/tvareci-zavitniky/2910/>
22. *LMT Fette: HPF – High Performance Forming* [online]. , 16 s. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.lmt-fette.cz/Files/katalogy/z%C3%A1vitov%C3%A1n%C3%AD/HPF.pdf>
23. *TRUMPF: Stroje - systémy* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/produkty/stroje-systemy/kombinovane-stroje/trumatic-7000/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/kombinovane-stroje/trumatic-7000/)
24. *Thermdrill: Comparison rivet nut, weld nut thread* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.thermdrill.de/en/threaded-bushing-flowing-drill-instead-of-rivet-nut#Comparison-rivet-nut-weld-nut-thread>

25. *S.B. Comp. spol. s r.o.: Nýtovací matice* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.sbcomp.cz/nytovaci-matice-ocelove-s-plochou-hlavou/>
26. *První Hanácká BOW spol. s r.o.: Sady Thermdrill Form* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkty/sady-thermdrill-form-kratke/>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Zkratka/symbol	Jednotka	Popis
$A_{min}$	[%]	tažnost
$C_{mat1}$	[Kč]	cena 5000 ks nýtů
$C_{mat2}$	[Kč]	cena sady Thermdrill (Form) M8 + tvářecí závitník M8
$C_{nyt}$	[Kč]	cena nýtu
CNC	[-]	číslicové řízení počítačem
D	[mm]	průměr díry
EDP	[-]	European Data Project
JR	[mm]	jmenovitý rozměr
$L_b$	[mm]	využitelná délka broušení
MAG	[-]	metal active gas
MIG	[-]	metal inert gas
$M_{n1}$	[Kč]	mzdové náklady na nýtování
$M_{n2}$	[Kč]	mzdové náklady na termální vrtání
$N_7$	[Kč]	cena za práci na stroji Trumatic 7000
$N_O$	[Kč]	cena za výrobu tisíce kusů vzorků s obráběnými závitů
$N_p$	[Kč]	cena za přepravu materiálu
$N_R$	[Kč]	rozdíl cen za vyrobení vzorku obráběním a tvářením
$N_T$	[Kč]	cena výroby tisíce kusů vzorků s tvářenými závitů
$N_V$	[Kč]	cena za práci na sloupové vrtačce
$R_e$	[MPa]	mez kluzu
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti v tahu
$S_7$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	hodinová sazba na stroji TruMatic 7000
$S_n$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	hodinová sazba nýtování a termálního vrtání
$S_p$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	hodinová sazba na přepravu materiálu
$S_v$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	hodinová sazba na sloupové vrtačce
TIG	[-]	svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu
TiN	[-]	povlak nitridu titanu
TiCN	[-]	povlak karbonitridu titanu

TiAlN	[-]	povlak nitridu hliníku titanu
$d_1$	[mm]	průměr závitu
f	[-]	tolerance závitu
n	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky
s	[mm]	stoupání
$t_1$	[s]	čas vytvoření závitu termálním vrtáním
$t_2$	[s]	čas vytvoření závitu nýtováním
$t_{107}$	[min]	výrobní čas jednoho kusu na stroji TruMatic 7000
$t_{10V}$	[min]	výrobní čas jednoho kusu na sloupové vrtačce
$t_{1T}$	[min]	výrobní čas jednoho kusu vzorku s tvářenými závity
$t_0$	[min]	celkový čas výroby tisíce kusů vzorků s obráběnými závity
$t_{07}$	[min]	výrobní čas tisíce kusů na stroji TruMatic 7000
$t_{0V}$	[min]	výrobní čas tisíce kusů na sloupové vrtačce
$t_p$	[min]	čas přepravy materiálu
$t_R$	[min]	časový rozdíl mezi obráběním a tvářením
$t_T$	[min]	celkový čas výroby tisíce kusů vzorků s tvářenými závity
$v_c$	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	řezná rychlost
$v_f$	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	velikost posuvu
$K_r$	°	úhel nastavení ostří

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1/1      Nastavovací plán strana 1/3.
- Příloha 1/2      Nastavovací plán strana 2/3.
- Příloha 1/3      Nastavovací plán strana 3/3.
- Příloha 2        Složení nástroje se závitníkem od firmy PASS|STANZTECHNIK.
- Příloha 3        Úhly a vlastnosti závitníku.
- Příloha 4        Tabulka průměrů děr pro tváření závitů firmy EDP s.r.o.
- Příloha 5        Tabulka průměrů děr pro obrábění závitů firmy EDP s.r.o.

# PŘÍLOHA 1/1

Nastavovací plán strana 1/3.

TruTops Punch - NASTAVOVACÍ PLÁN / TruMatic 7000 (K02) - 2 / 022404\_7\_1 Stránka č. 1 z 3

<b>TRUMPF</b>	<b>NASTAVOVACÍ PLÁN OBECNÉ UDAJE</b>	OK 24.02.2016 TruTops Punch V12.09.00
STROJ:	TruMatic 7000 (K02) - TYP: 2 (2500.0 x 1600.0 mm)	
SYSTEM ŘÍZENÍ:	Bo CMP60 VARIANTA: 1	
Firma:		
NAZEV ZAKAZKY:	022404_7	
CESTA PROGRAMU NC:	/TC7000/022404_7_1.LST	
NAZEV PROGRAMU:	022404_7_1 (022404_7_1)	
ID MATERIÁLU:	St37-30 (1.0038)	
ID zboží na skladě:		
PRÍREZ:	580 x 320 x 3 mm	
HMOTNOST:	4.38 kg	
STROJNÍ ČAS	0 : 09 : 50 [h:min:s]	
POTŘEBA PAMĚTI:	54557 ZNAK	
CELKOVÁ DÉLKA LASEROVÉHO ŘEZU:	4090.995 mm	
POČET PROGRAMOVÝCH CYKLU:	1	
PROREZ:	74.36 %	

<b>VÝROBNÍ INSTRUKCE</b>				
POLOHY ČAPADEL:	7	13	16	23
DORAZOVÝ ČEP:	1 ZLEVA			
POČATEČNÍ BOD:	X = 1265.145 mm, Y = 182.010 mm			
POZNAMKY:				

<b>SEZNAM NASTROJU</b>												
IDENT.C.	TYP	ROZMER 1	ROZMER 2	ROZMER 3	UHEL	POZNAMKA	WT	MT	LW	ZDVIHY	KT*	Otočný stůl**
01028000	1	2.800	0.000	0.000	0.000	Kulaty 2.8	0	1	0	9	1	0
01037000	1	3.700	0.000	0.000	0.000	Kulaty 3.7	0	1	0	9	1	0
01040000	1	4.000	0.000	0.000	0.000	Kulaty 4.0	0	1	0	6	1	0
01046000	1	4.600	0.000	0.000	0.000	Kulaty 4.6	0	1	0	9	1	0
01050000	1	5.000	0.000	0.000	0.000	Kulaty 5.0	0	1	0	6	1	0
05030000	5	3.000	2.800	0.000	0.000	M3 jadrový otvor 2.7	0	1	0	9	1	0
05037000	5	4.000	3.700	0.000	0.000	M4 jadrový otvor 3.7	0	1	0	9	1	0
05046000	5	5.000	4.600	0.000	0.000	M5 jadrový otvor 4.6	0	1	0	9	1	0
99999999	11	0.250	0.000	0.000	0.000	Laser	0	1	0			
01025000	1	2.500	0.000	0.000	0.000	Kulaty 2.5	0	1	0	9	1	0
01034000	1	3.400	0.000	0.000	0.000	Kulaty 3.4	0	1	0	9	1	0
01042000	1	4.200	0.000	0.000	0.000	Kulaty 4.2	0	1	0	9	1	0
<b>POČET OCEL-/RTC-/VELIKOST 5-KAZETY 11 / 0 / 0</b>												
* Typ kazety: 1 = Ocel, 2 = RTC, 3 = Velikost 5												
** Typ matrice: 0 = Standard, 1 = Zkoseno, 2 = Integrované vyrovnávání												

PTT	IDENT.C.	POZNAMKA	DU	HU	SOFTPUNCH
PTT-001	01028000	Kulaty 2.8	0.000	0.000	0
PTT-002	01037000	Kulaty 3.7	0.000	0.000	0

## PŘÍLOHA 1/2

Nastavovací plán strana 2/3.

TruTops Punch - NASTAVOVACÍ PLAN / TruMatic 7000 (K02) - 2 / 022404\_7\_1 Stránka č. 2 z 3

PTT-003	01040000	Kulaty 4.0	0.000	0.000	0
PTT-004	01046000	Kulaty 4.6	0.000	0.000	0
PTT-005	01050000	Kulaty 5.0	0.000	0.000	0
PTT-006	05030000	M3 jadrový otvor 2.7	0.000	0.000	0
PTT-007	05037000	M4 jadrový otvor 3.7	0.000	0.000	0
PTT-008	05046000	M5 jadrový otvor 4.6	0.000	0.000	0
PTT-009	01025000	Kulaty 2.5	0.000	0.000	0
PTT-010	01034000	Kulaty 3.4	0.000	0.000	0
PTT-011	01042000	Kulaty 4.2	0.000	0.000	0

### LASER-TECHNOLOGICKE TABULKY

CISLO TABULKY	MEZERA REZU	OHNISKOVÁ VZDALENOST COCKY	PRUMER TRYSKY	MAX. VYKON LASERU	SERIZOVACÍ ROZMER	PLYN
T2D-813002	0.25	6.70	EAA08	3200	1.30	1

Druh plynu: 1 = kyslík, 2 = dusík, 3 = zákazník, 4 = stlačený vzduch

### TECHNOLOGICKE TABULKY

CISLO	DRUH VPICHOVANI	DRUH REZANI	DRUH OBRYSU
T2D-813002	Ražení	NORMALNI	MALY
T2D-813002	Ražení	ZNACENI	MALY
T2D-813002	Ražení	NORMALNI	VELKY
T2D-813002	Ražení	ZNACENI	VELKY

### INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

CISLO DILU:	CISLO VYKRESU:	NAZEV GEOM:SOUBORU	POCET:
1	NOID_1	/VZORKY/okom/zahloubeni/Zavittest.GEO	3
2	NOID_2	/VZORKY/okom/zahloubeni/Zavittest1.GEO	3

NAZEV DESKY:

### INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

	CISLO DILU:	1
	CISLO VYKRESU:	NOID_1
	NAZEV VYKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	3
	ROZMERY:	80.000 x 100.000 mm
	PLOCHA:	7972.64 mm2
	HMOTNOST:	0.188 kg
	DOBA ZPRACOVANI:	1.95 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	622.923 mm
	NAZEV GEOM:SOUBORU	/VZORKY/okom/zahloubeni/Zavittest.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	
	CISLO DILU:	2
	CISLO VYKRESU:	NOID_2
	NAZEV VYKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	3
	ROZMERY:	80.000 x 100.000 mm
	PLOCHA:	7890.69 mm2
	HMOTNOST:	0.186 kg

## PŘÍLOHA 1/3

Nastavovací plán strana 3/3.

TruTops Punch - NASTAVOVACÍ PLAN / TruMatic 7000 (K02) - 2 / 022404\_7\_1 Stránka č. 3 z 3

	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	1.32 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	540.742 mm
	NAZEV GEOM.SOUBORU	VZORKY/okom/zahloubeni/Zavittest1.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	


## PŘÍLOHA 2

Složení nástroje se závitníkem od firmy PASS|STANZTECHNIK.

Technical Data Sheet and maintenance advise



# THREAD FORMING

for tooling system TRUMPF

TRUMPF

THICK TURRET

SALVAMINI

### 2. DESIGN OF THE PASS TAPPING TOOL

- 1 Tool body with positive locking device
- 2 lead screw

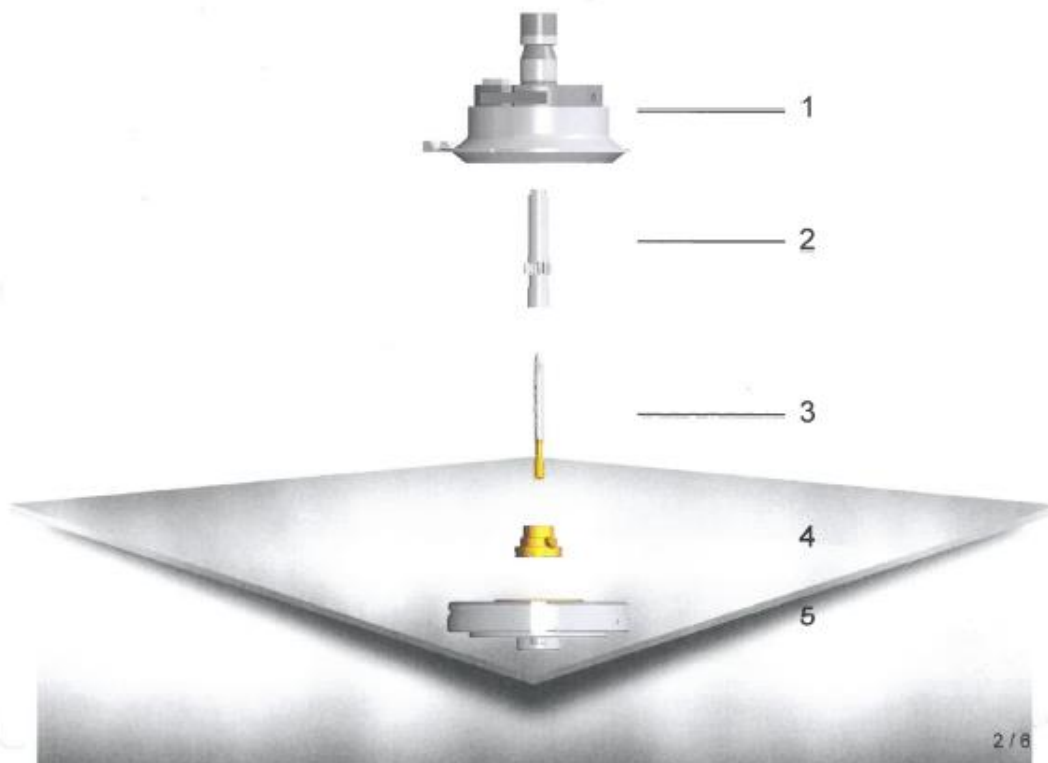
- 3 spare tap
- 4 spindle nut
- 5 die

### TOOL TYPES

Two types of tools differ from each other:

**Type I:** Tool can be fitted with spare tapping module in range of M2.5 – M5 and 2-56, 3-48, 4-40, 5-40, 6-32 und 8-32 (Inch) aufnehmen

**Type II:** Tool can be fitted with spare tapping module of M6 up to M10 and 10-24, 12-24, ¼-20, 5/16-18 und 3/8-16 (Inch) aufnehmen.



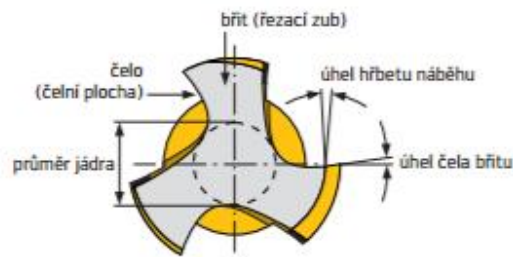
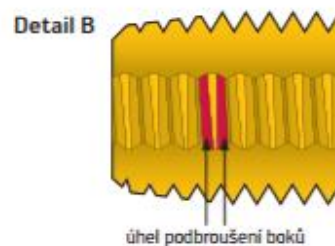
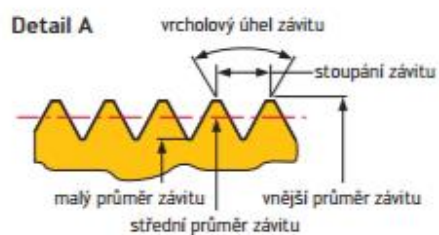
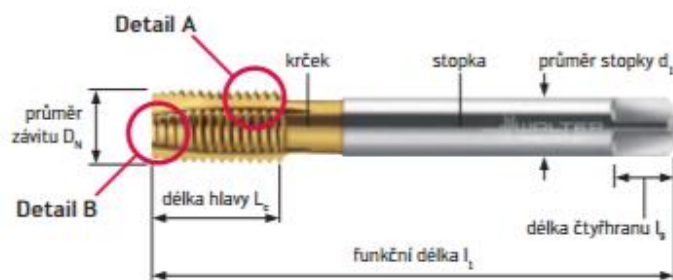
2 / 8

## PŘÍLOHA 3

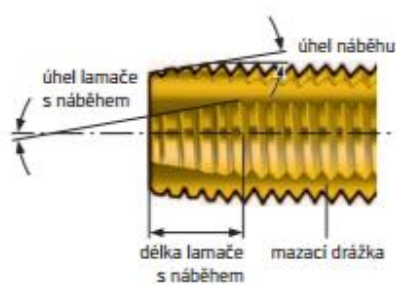
Úhly a vlastnosti závitníku [13].

Technické informace – řezání závitů

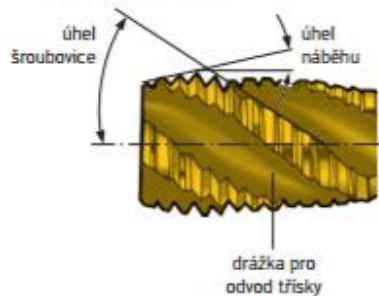
### Úhly a vlastnosti závitníku



Závitník pro průchozí otvory s lamačem s náběhem



Závitník pro slepé otvory s pravou šroubovicí





## PŘÍLOHA 4

Tabulka průměrů děr pro tváření závitů firmy EDP s.r.o.

Gewinde	Matrizen- Ø mm	Material- dicke mm	Stempel- Ø mm	VU-Wert	Vorlochkundmesser DC01	X5C0H18-10 mm	EN AW-5754 (AlMg3)
M2,5	2,3	1,0	3,5	44,5	1,0	1,0	1,0
		1,5	4,1	45,0	1,5	1,5	1,5
M3	2,8						
		1,0	4,0	44,5	1,5	1,5	1,8
		1,5	4,6	45,0	1,5	1,5	1,8
		2,0	5,2	45,5	2,0	1,8	-
M4	3,7	1,0	4,9	44,5	2,0	2,0	2,3
		1,5	5,5	45,0	1,5	1,5	2,3
		2,0	6,1	45,5	2,0	2,0	2,5
		2,5	6,7	46,0	2,5	2,3	-
M5	4,65						
		1,0	5,85	44,5	2,5	2,5	2,7
		1,5	6,45	45,0	2,5	2,5	2,7
		2,0	7,05	45,5	2,0	2,5	3,0
		2,5	7,65	46,0	2,5	2,5	-
M6	5,55	3,0	8,25	46,5	2,5	3,0	-
		1,0	6,75	44,5	3,0	3,0	3,3
		1,5	7,35	45,0	3,5	3,5	3,8
		2,0	7,95	45,5	3,0	3,0	3,0
		2,5	8,55	46,0	3,5	3,5	4,0
		3,0	9,15	46,5	3,5	3,5	-
M8	7,4	1,5	9,2	45,0	4,5	4,5	5,0
		2,0	9,8	45,5	4,5	4,5	5,0
		2,5	10,4	46,0	5,0	5,0	5,5
		3,0	11,0	46,5	5,0	5,0	-
M10	9,3						
		1,5	11,1	45,0	7,0	7,0	7,0
		2,0	11,7	45,5	7,0	7,0	7,0
		2,5	12,3	46,0	7,0	-	7,0
		3,0	12,9	46,5	7,0	-	-

Tab. 5

## PŘÍLOHA 5

Tabulka průměrů děr pro obrábění závitů firmy EDP s.r.o.

Doporučené předvrtání otvorů pro závity

Metrický závit		
závit	stoupání	vrták
M 2	0,4	1,6
M 2,2	0,45	1,75
M 2,5	0,45	2,05
M 2,5	0,35	2,15
M 3	0,5	2,5
M 3	0,35	2,65
M 3,5	0,6	2,9
M 3,5	0,35	3,15
M 4	0,7	3,3
M 4	0,5	3,5
M 4,5	0,5	4,0
M 5	0,8	4,2
M 5	0,5	4,5
M 5,5	0,5	5,0
M 6	1	5,0
M 6	0,75	5,2
M 7	1	6,0
M 7	0,75	6,2
M 8	1,25	6,8
M 8	1	7,0
M 8	0,75	7,2
M 9	1,25	7,8
M 9	1	8,0
M 9	0,75	8,2
M 10	1,5	8,5
M 10	1,25	8,8
M 10	1	9,0
M 10	0,75	9,2
M 11	1,5	9,5

M 10	1,25	8,8
M 10	1	9,0
M 10	0,75	9,2
M 11	1,5	9,5
M 11	1	10,0
M 11	0,75	10,2
M 12	1,75	10,2
M 12	1,5	10,5
M 12	1,25	10,8
M 12	1	11,0
M 14	2	12,0
M 14	1,5	12,5
M 14	1,25	12,8
M 14	1	13,0
M 15	1	14,0
M 16	2	14,0
M 16	1,5	14,5
M 16	1	15,0
M 17	1	16,0
M 18	2,5	15,5
M 18	1,5	16,5
M 18	1	17,0
M 20	2,5	17,5
M 20	1,5	18,5
M 20	1	19,0
M 22	2,5	19,5
M 22	1,5	20,5
M 22	1	21,0
M 24	3	21,0
M 24	2	22,0
M 24	1,5	22,5
M 24	1	23,0

Trubkový závit		
závit	z/1"	vrták
G 1/16"	28	6,7
G 1/8"	28	8,8
G 1/4"	19	11,7
G 3/8"	19	15,2
G 1/2"	14	18,8
G 5/8"	14	20,75

Whitworthův závit		
závit	z/1"	vrták
W 3/32"	48	1,75
W 1/8"	40	2,4
W 5/32"	32	3,0
W 3/16"	24	3,5
W 7/32"	24	4,3
W 1/4"	20	4,9
W 5/16"	18	6,4
W 3/8"	16	7,7
W 7/16"	14	9,1
W 1/2"	12	10,3
W 9/16"	12	11,8
W 5/8"	11	13,25
W 3/4"	10	16,25
W 7/8"	9	19,0

VRT = ZAL. (NORMA) - 0,3

tl  
ZAVITY MAT < 3 - 0,2 min / ZAV + 0,15

tl  
MAT ≥ 3 - 0,3 min / ZAV + 0,25

(předvrtání dle děla 0 1mm menší než je předvrtání!!!)

32 MAT 3 mm 1. ZAM - závit + vrtání = 1,15 min

4 děla 2. ZAM - stáčení kovu (obtížnější) = 0,5 min

3. ZAV - zvládnutí = 1,2 min

4. ZAV - zvládnutí = 1,2 min